Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica

AP-701
Fundamentos do Projeto de Aeronaves

Aula 2 – Etapas de projeto; Escolha de configuração; Layout de Cabine

Cap. Ney Sêcco

Roteiro

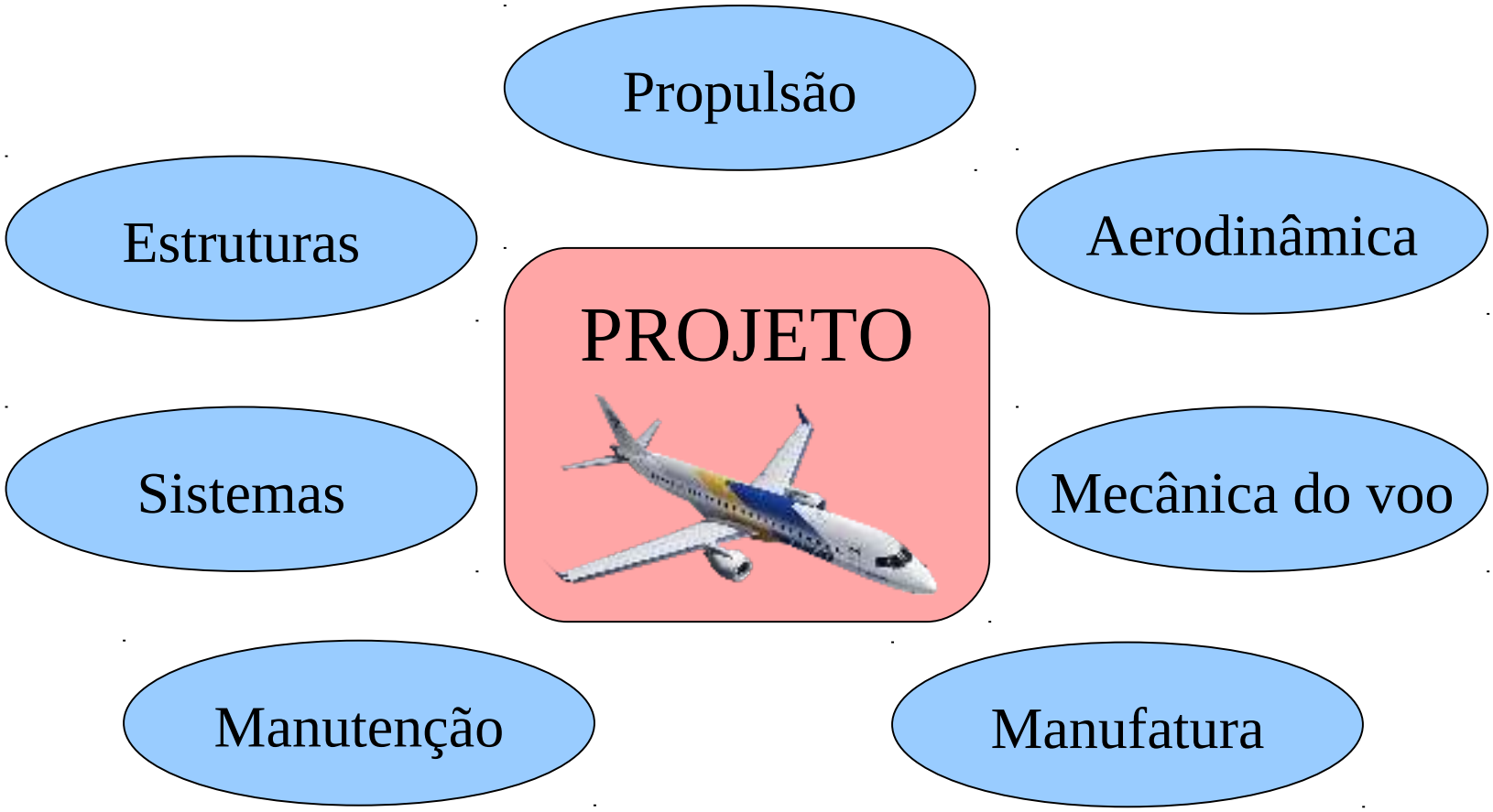
- Etapas do Projeto
- Escolha de Configuração
- Layout de Fuselagem

Roteiro

- Etapas do Projeto
- Escolha de Configuração
- Layout de Fuselagem

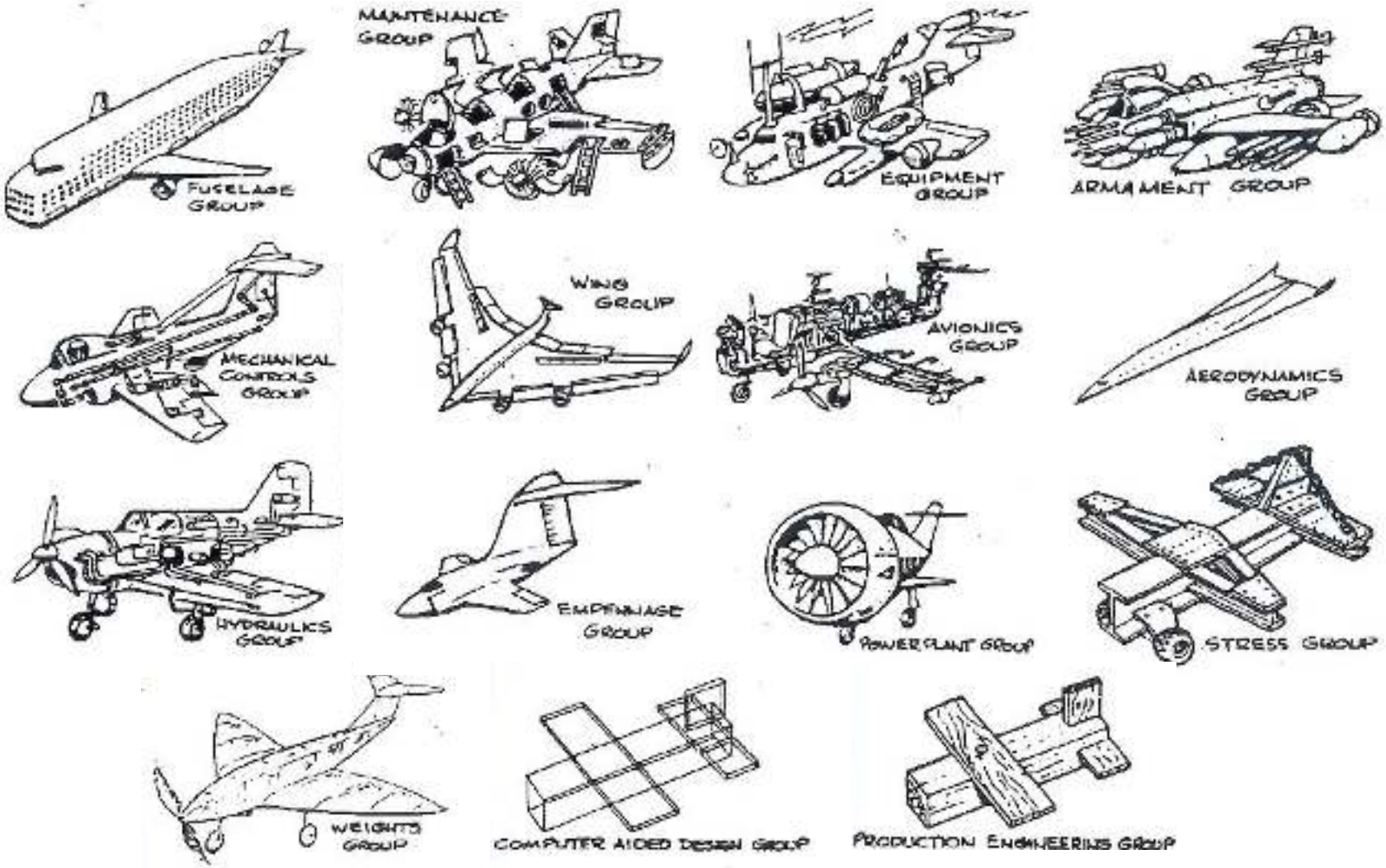
O desenvolvimento de uma aeronave envolve diversas áreas de conhecimento

O projeto é a arte de interfacear áreas de conhecimento para criar um produto



Há muitas outras disciplinas envolvidas...

O Projeto deve buscar o equilíbrio entre as disciplinas



"Dream airplanes" by C. W. Miller

Em alguns casos é possível ter uma pessoa que conheça a aeronave como um todo

http://www.sr71.us/kelly.htm

Kelly Johnson

https://www.cavok.com.br/blog/

Joseph Kovacs

wikipedia.org

Guido Pessoti

Mas o projeto de aeronaves contemporâneas geralmente exige um conjunto de especialistas

http://aviationnews.eu/news/2018/04/norways-wideroe-receives-worlds-first-embraer-e190-e2-jet/

O programa de uma aeronave pode demorar décadas

en.wikipedia.org

De Havilland Comet
1943-1997

en.wikipedia.org

Boeing 737
1964-Agora

Fase 0 – Estudos de viabilidade

- Prospecção de mercado
- Estabelecimento de requisitos
  - Clientes
  - Reguladores
- Análise interna da empresa
- Disponibilidade de tecnologias
- *Master Phase Plan*
- Plano de negócios

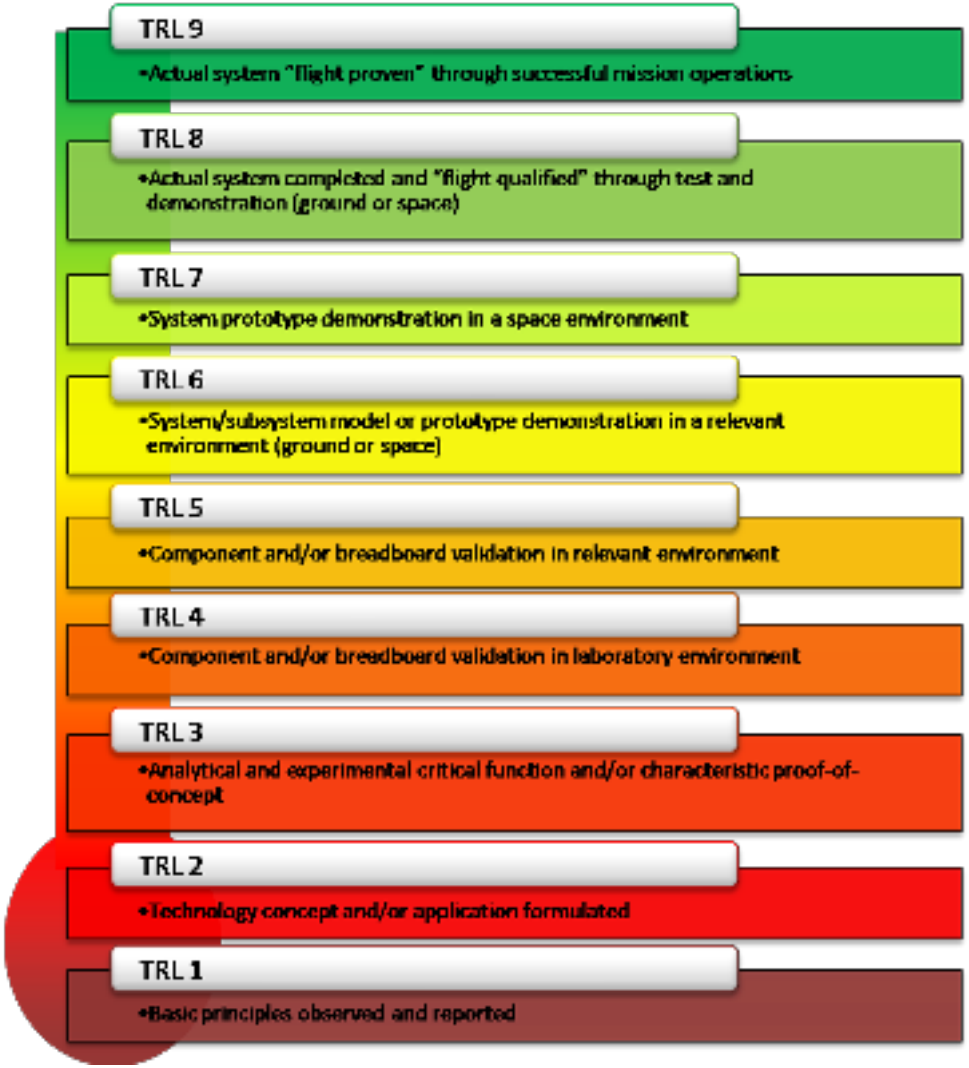
Go?

No Go?

Market Outlook

Boeing. https://www.boeing.com/commercial/market/commercial-market-outlook/#/downloads

Technology Readiness Level (TRL)



https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html

Erros na análise de mercado podem inviabilizar todo o programa

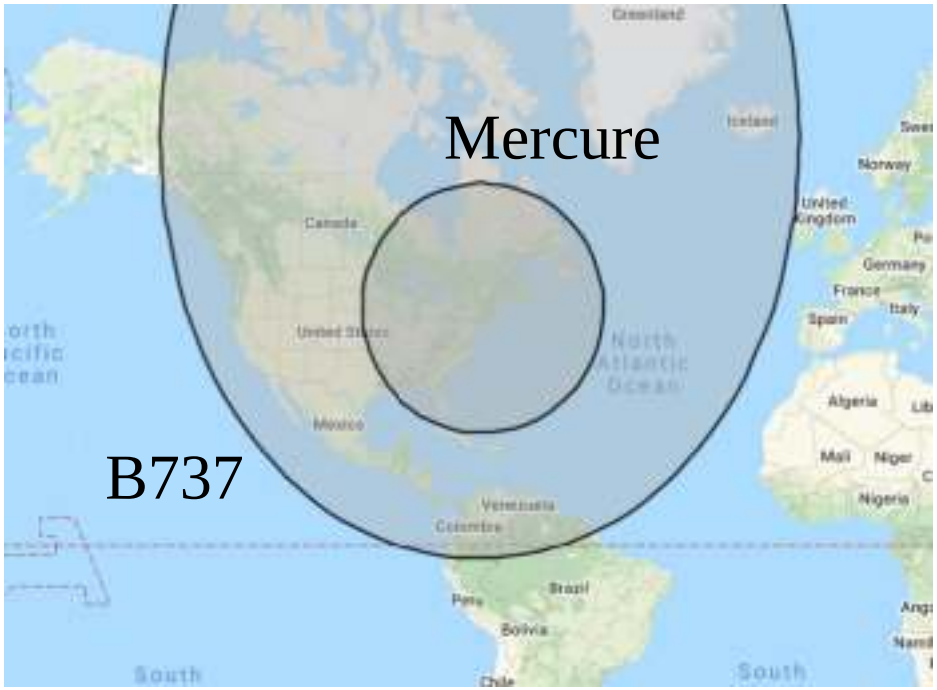
wikipedia.org

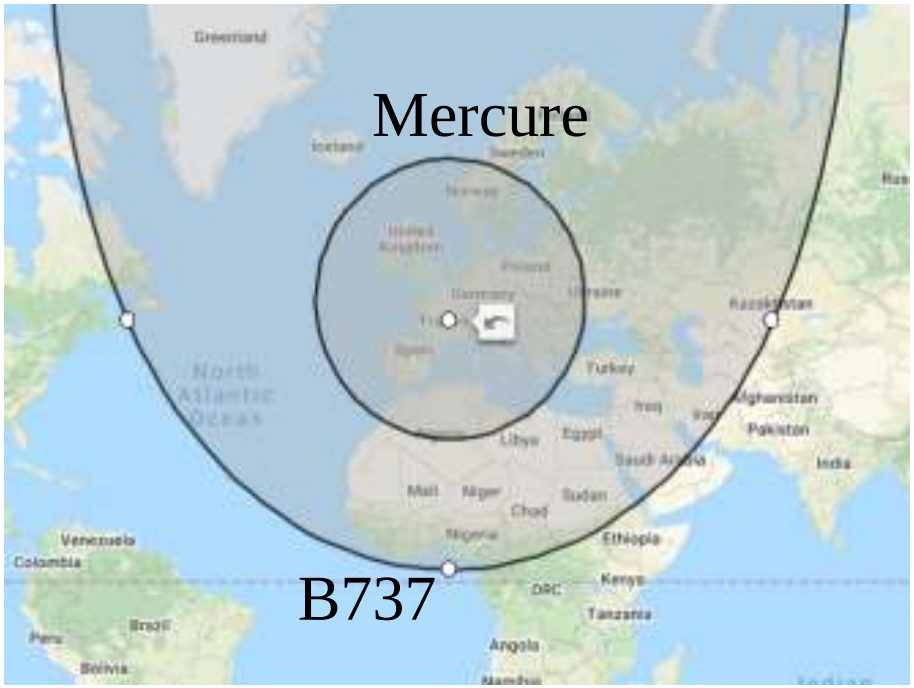
VS

Dassault Mercure (1971)
162 PAX
Mach: 0,81
Teto: 39000 ft
Pista: 2100 m
Alcance: 1100 nm
12 unidades produzidas

B737-200 (1967)
130 PAX
Mach: 0,75
Teto: 37000 ft
Pista: 1900 m
Alcance: 2600 nm
1114 unidades produzidas

Erros na análise de mercado podem inviabilizar todo o programa





Erros na análise de mercado podem inviabilizar todo o programa

wikipedia.org

VS

Dassault Mercure (1971)
162 PAX
Mach: 0,81
Teto: 39000 ft
Pista: 2100 m
Alcance: 1100 nm
12 unidades produzidas

B737-200 (1967)
130 PAX
Mach: 0,75
Teto: 37000 ft
Pista: 1900 m
Alcance: 2600 nm
1114 unidades produzidas

Fase 1 – Projeto Conceitual

- Desenvolver ferramentas de projeto
- Estudos de configuração
- Estimativas de peso
- Estimativas de desempenho
- 3 vistas
- Layout estrutural
- Seleção de motores

Fase 2 – Projeto Preliminar

- Dimensionamento das estruturas
- Determinação das linhas de alimentação
- Alocação de sistemas
- Mock-up (real or virtual)
- Projetar ferramentas de produção
- Seleção de parceiros

Fase 3 – Projeto Detalhado

- Desenhar TODOS os componentes
- Montagem da linha de produção
- Construção de protótipos
- Testes
  - Em solo
  - Em voo
- Conclusão da Certificação

Fase 4 – Produção

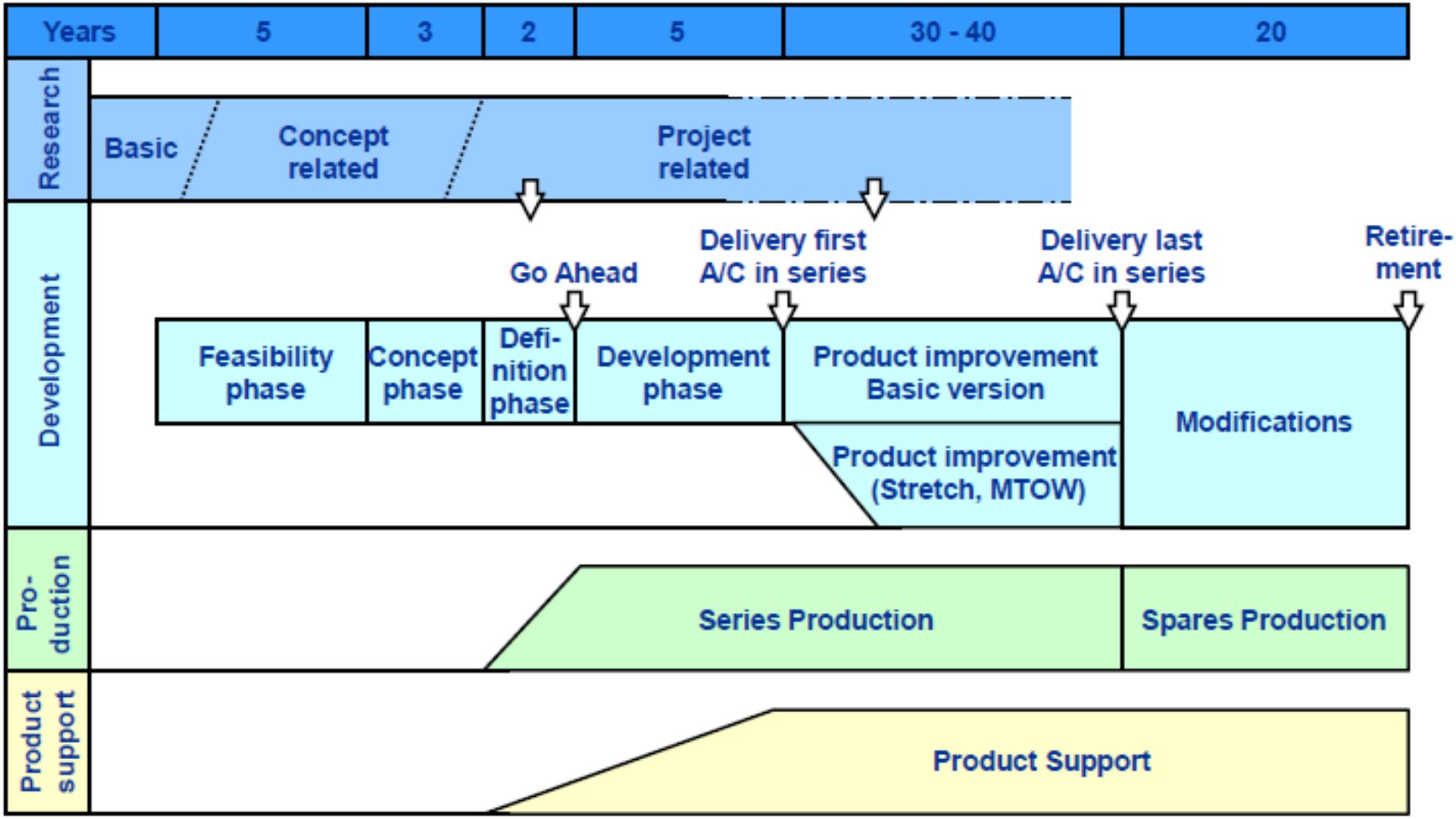
- Entrada em serviço
- Produção em série
- Suporte
  - Partes de reposição
  - Manutenção
- Aprimoramentos
- Correções

https://www.cnbc.com/2019/07/22/boeing-slides-after-fitch-turns-negative-on-maker-of-grounded-737-max.html

Fase 5 – Phase Out

- Desmontagem das linhas de produção
- Suporte (para evitar acidentes)
  - Partes de reposição
  - Manutenção
- Desativação de unidades remanescentes

Airbus: Design Phases



AIRBUS

O foco da disciplina é o Projeto Conceitual

FASE 0

Estudos de Viabilidade

- Business plan
- Requisitos
- Aprovação

FASE 1

Projeto Conceitual

- 3 vistas
- Layout estrutural
- Motor

FASE 2

Projeto Preliminar

- Parceiros
- Mock-up
- Dimensionamento estrutural

FASE 3

Projeto Detalhado

- Linha de produção
- Desenhos
- Homologação

FASE 4

Produção

- Entregas
- Suporte
- Melhorias

FASE 5

Phase-out

- Retirar linha
- Suporte

O foco da disciplina é o Projeto Conceitual

FASE 0

Estudos de Viabilidade

- Business plan
- Requisitos
- Aprovação

FASE 1

Projeto Conceitual

- 3 vistas
- Layout estrutural
- Motor

FASE 2

Projeto Preliminar

- Parceiros
- Mock-up
- Dimensionamento estrutural

FASE 3

Projeto Detalhado

- Linha de produção
- Desenhos
- Homologação

FASE 4

Produção

- Entregas
- Suporte
- Melhorias

FASE 5

Phase-out

- Retirar linha
- Suporte

Análise e Projeto estão relacionados

ANÁLISE

$$f(x)$$

Desempenho

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

Análise e Projeto estão relacionados

ANÁLISE

$f(x)$

Desempenho

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

Requisitos

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

PROJETO

Análise e Projeto estão relacionados

ANÁLISE

$f(x)$

Desempenho

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

Requisitos

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

PROJETO

$f^{-1}(x)$

Análise e Projeto estão relacionados

ANÁLISE

$f(x)$

Desempenho

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

Requisitos

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

PROJETO

$f^{-1}(x)$

Os requisitos de projeto vêm de diferentes fontes

- CLIENTE
  - Tipo de missão
  - Carga paga (Peso e volume)
  - Alcance/Autonomia
  - Velocidade
  - Aeroportos de operação
  - Custo de operação
- ÓRGÃOS HOMOLOGADORES
  - Segurança de operação
  - Desempenho mínimo
  - Envelope de voo (limite estrutural)
  - Limite de ruído
  - Estabilidade e controlabilidade
  - Tolerância a falhas

Órgãos homologadores

- **Estados Unidos:** Federal Aviation Administration (FAA)
- **Europa:** European Union Aviation Safety Agency (EASA)
- **Brasil:** Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)

REGULAMENTOS:

- Aeronaves de até 12500 lbs: FAR 23
- Aeronaves acima de 12500 lbs: FAR 25

Análise e Projeto estão relacionados

ANÁLISE

$f(x)$

Desempenho

Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

Requisitos

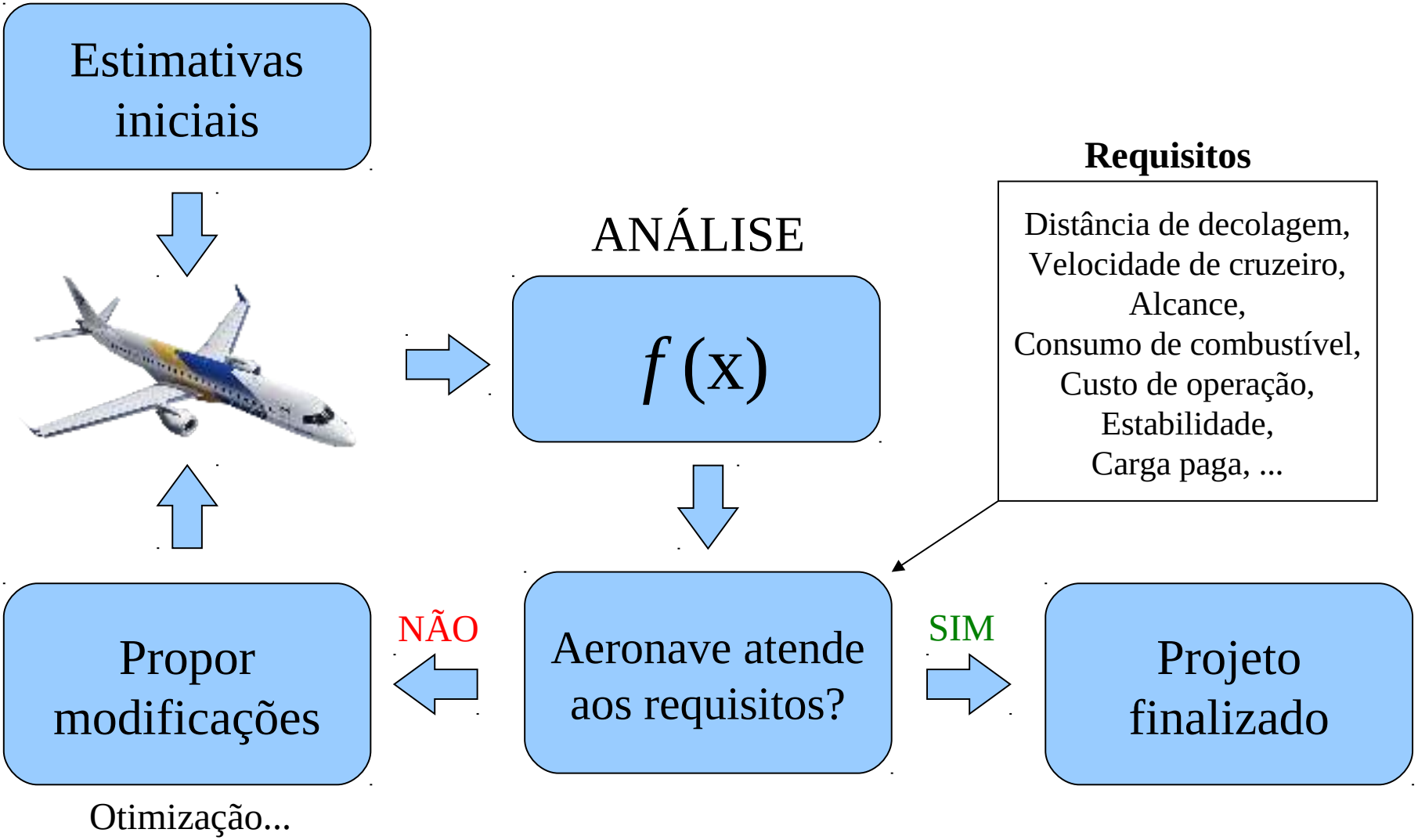
Distância de decolagem,
Velocidade de cruzeiro,
Alcance,
Consumo de combustível,
Custo de operação,
Estabilidade,
Carga paga, ...

PROJETO

$f^{-1}(x)$

Difícil de obter

O projeto geralmente é iterativo



Otimização...

Por onde começar?

Por onde começar?

Jake Fleming

Há uma vasta disponibilidade de dados históricos

Os dados de aeronaves anteriores pode ser usado para criar regressões

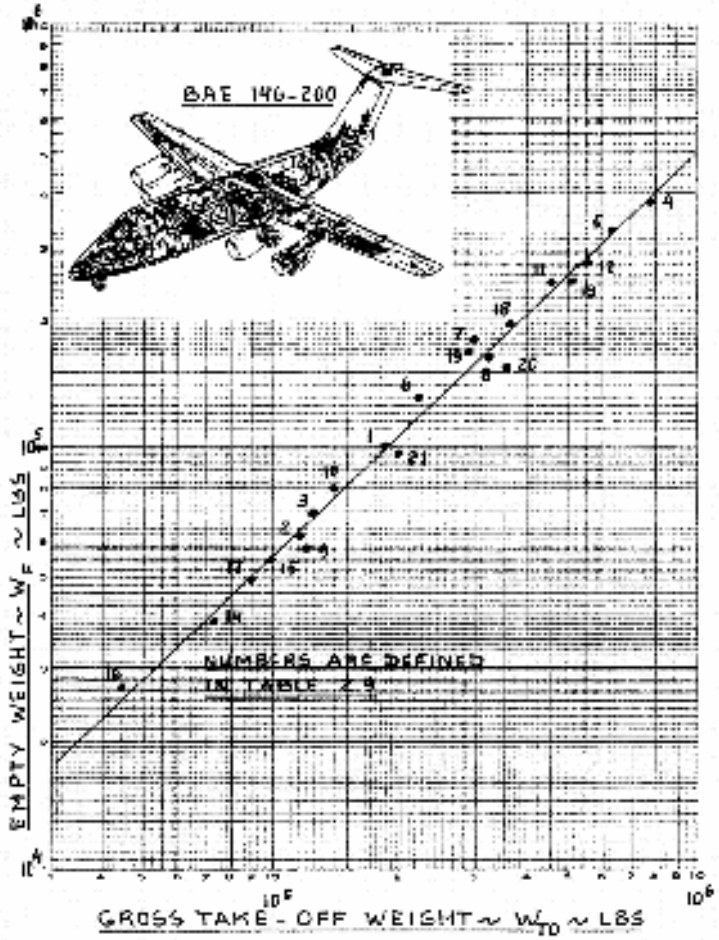


Figure 2.9 Weight Trends for Transport Jets

Part I Chapter 2 Page 13

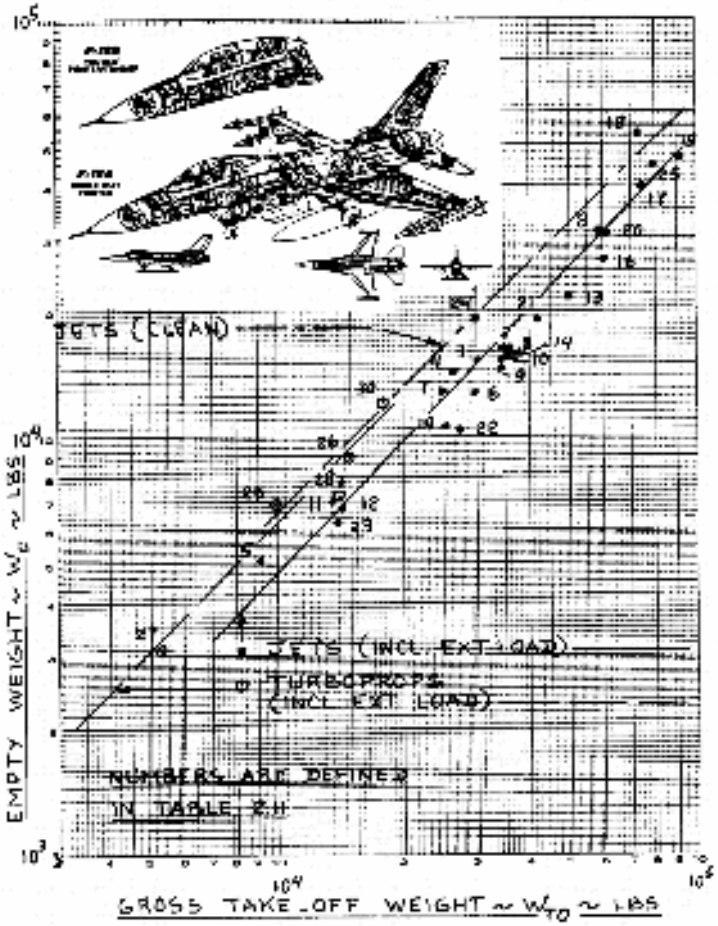


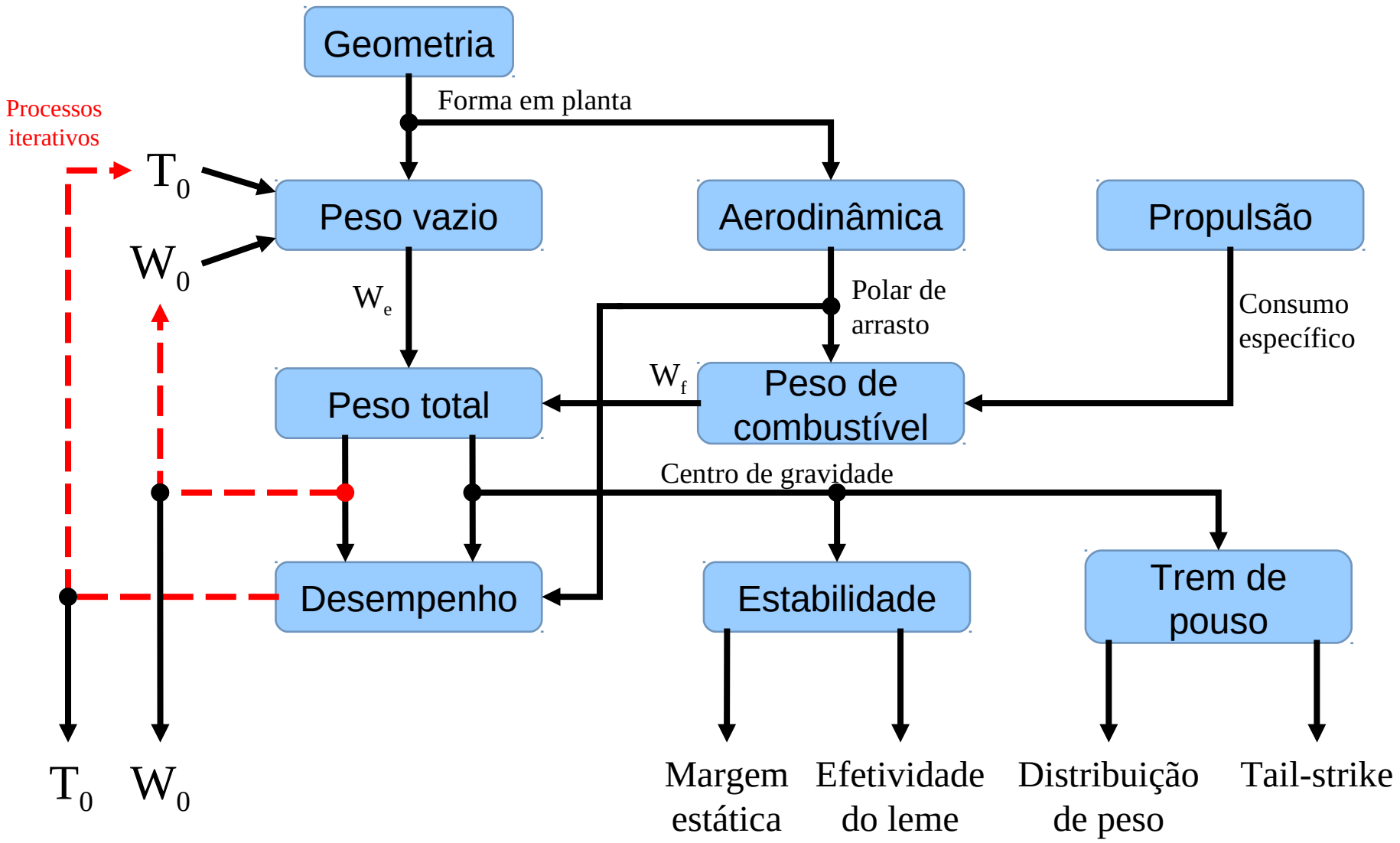
Figure 2.11 Weight Trends for Fighters

Part I Chapter 2 Page 27

Mentalidade de projeto

- Não existe metodologia única para projetar.
- Não é errado utilizar dados históricos. Tente fazer engenharia reversa para estimar dados que não estejam disponíveis.
- Esteja preparado para modificar e atualizar os parâmetros do projeto. Quanto mais cedo forem feitas as correções, melhor.
- Sempre há soluções de compromisso. Não há uma única escolha correta, mas certamente há escolhas erradas.

Fluxo de análise



Roteiro

- Etapas do Projeto
- Escolha de Configuração
- Layout de Fuselagem

Variações de configuração

- Número de asas
- Posições das asas
- Configuração das empenages
- Posição das empenagens
- Número de fuselagens

Configuração de asas

Monoplano

B787

Biplano

Sopwith Camel

Fokker Dr.I

Triplano

Configuração de asas

Monoplano

B787

Biplano

Sopwith Camel

Fokker Dr.I

Triplano

HL-10

nasa.org

Lifting body

Posições da asa

Asa alta

C-130

Asa média

JAS 39 Grippen

Asa baixa

B787

Posições da asa

- Asa alta
  - Menor altura do trem de pouso e da fuselagem em relação ao solo
  - Motores menos suscetíveis à sujeira
  - Mais espaço para movimentação ao redor da fuselagem
  - Auxílio na estabilidade lateral

wikipedia.org

C-130

Posições da asa

- Asa média
  - Melhor visibilidade
  - Estabilidade neutra
  - Menor área frontal e melhor integração aerodinâmica
  - Maior peso estrutural pois não podemos unir semi-asas

wikipedia.org

JAS 39 Grippen

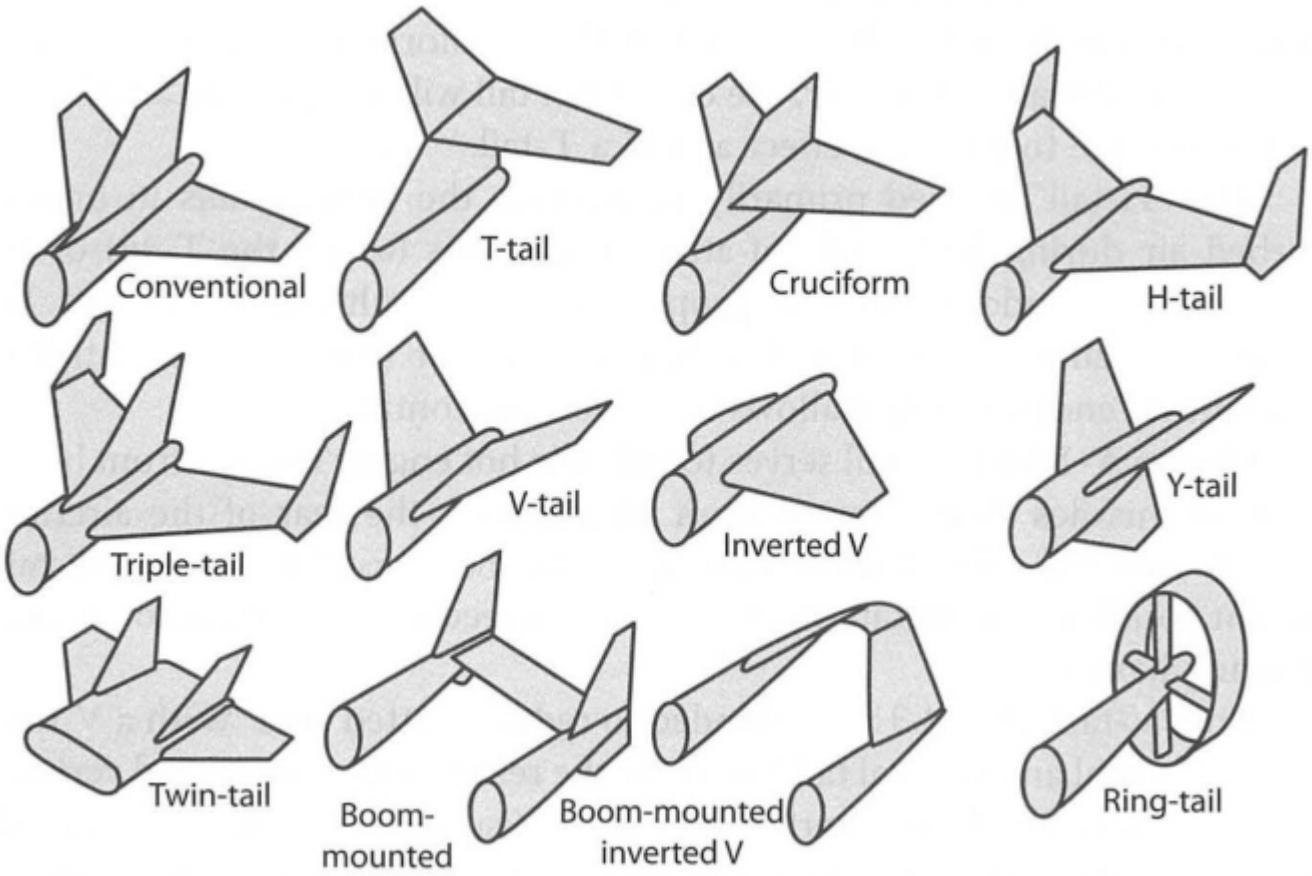
Posições da asa

- Asa baixa
  - Melhor integração com trem de pouso
  - Acesso mais fácil aos motores e dispositivos da asa
  - Exige trem de pouso mais alto para evitar contato com o solo
  - Precisa de diedro para compensar instabilidade lateral e distanciar motores do solo

wikipedia.org

B 787

Configuração de empenagens



Raymer

A cauda T apresenta vantagens e desvantagens em relação à empenagem convencional

B737

wikipedia.org

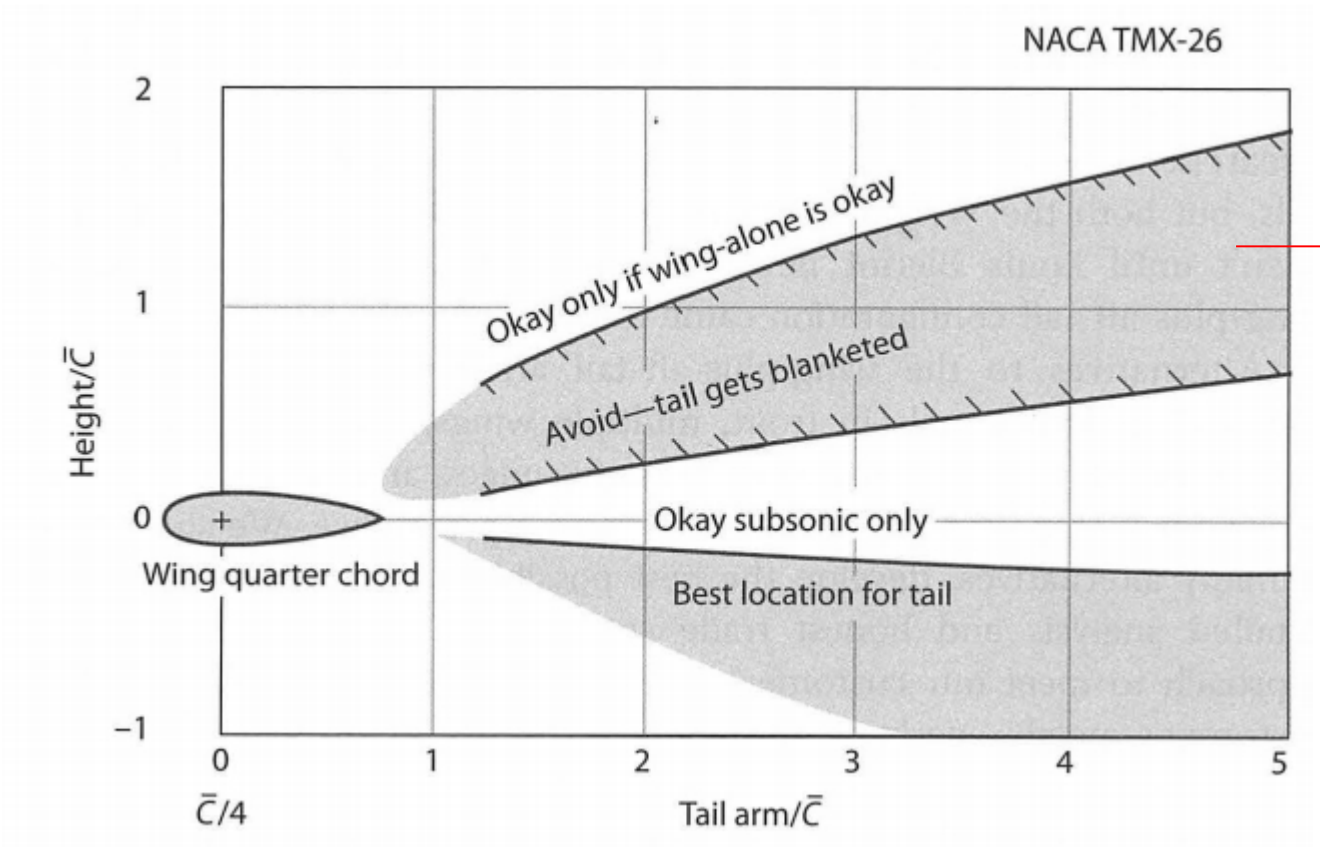
VS

Fokker 100

wikipedia.org

- A empenagem vertical atua como endplate da empenagem horizontal, aumentado sua eficiência.
- Empenagem horizontal permanece fora da esteira da asa e do jato do motor
- Empenagem vertical deve ser mais reforçada e, portanto, mais pesada
- Problemas de deep-stall exigem medidas de proteção ao envelope como o stick-pusher

A empenagem horizontal deve estar localizada fora da esteira da asa para evitar problemas de deep-stall



Região exige proteção de envelope

Raymer

A escolha da cauda deve levar em conta o tipo de missão e o envelope de operação da aeronave

wikipedia.org

Su-27: Twin tail

A escolha da cauda pode depender da sinergia com outros componentes

wikipedia.org

A-10: Cauda H

A escolha da cauda pode depender da sinergia com outros componentes

wikipedia.org

MQ-1 Predator: Cauda Invertida

Localização das empenagens

Convencional

Canard

B787

Beechcraft Starship

wikipedia.org

Piaggio Avanti

Tripla superfície

Localização das empenagens

Convencional

B787

Canard

Beechcraft Starship

wikipedia.org

Piaggio Avanti

B-2

Tripla superfície

Asa voadora

Configuração de fuselagens

Convencional

B787

Fuselagem dupla

F-82

wikipedia.org

P-38

Double boom

A fuselagem dupla pode ser interessante para cargas de grande volume

wikipedia.org

White Knight Two e SpaceShipTwo

Configurações não-convencionais

nasa.gov

Blended Wing-Body

Bauhaus

Joined Wings

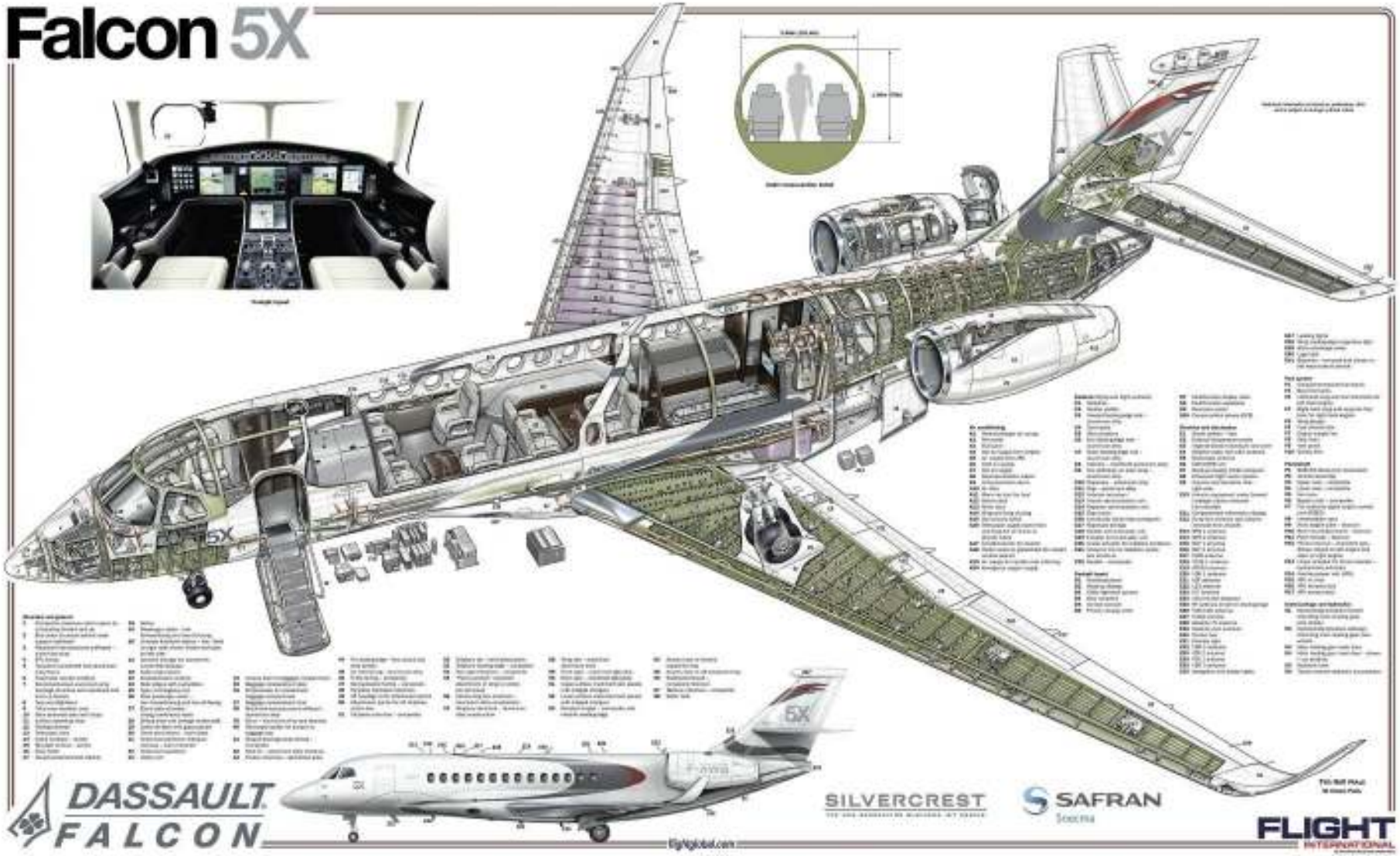
Boeing

Strut-Braced Wings

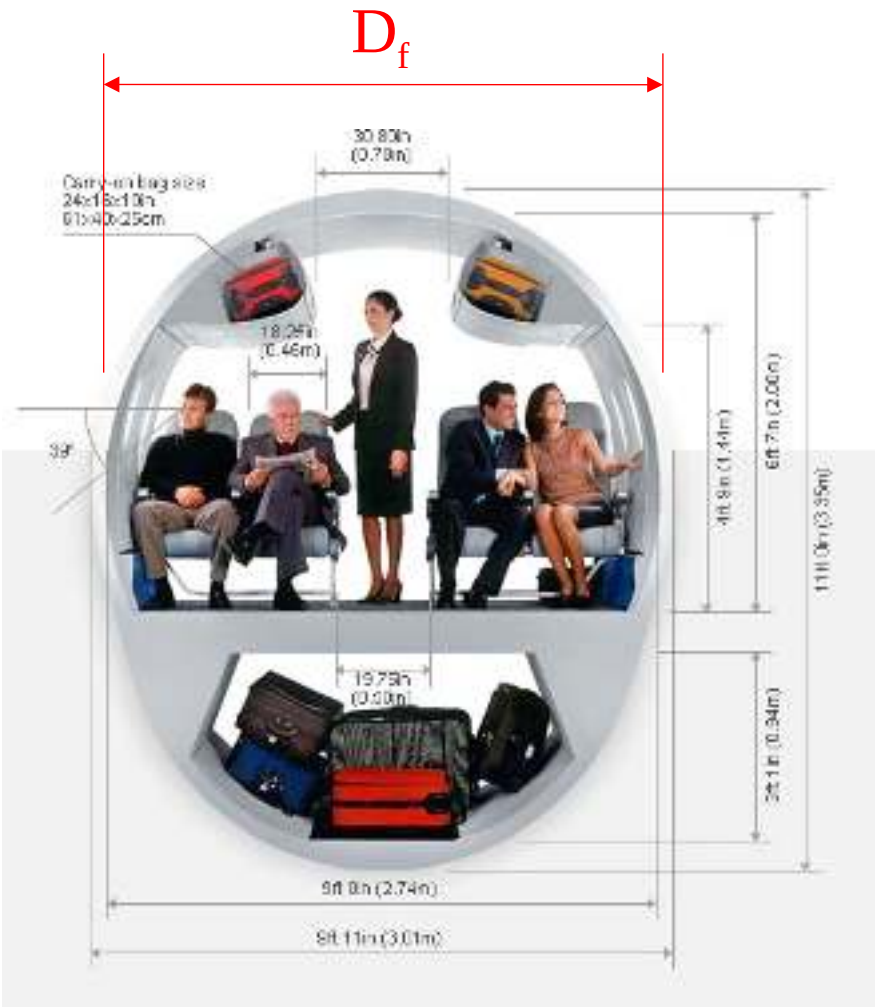
Roteiro

- Etapas do Projeto
- Escolha de Configuração
- Layout de Fuselagem

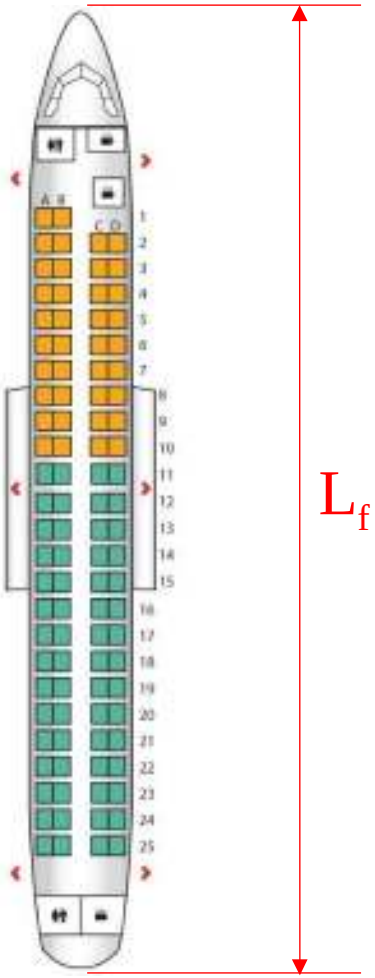
A fuselagem deve conter o volume necessário para transportar a carga paga, a tripulação e certos sistemas da aeronave



Devemos montar o layout interno da fuselagem a fim de determinar seu comprimento e seu diâmetro



Cross section

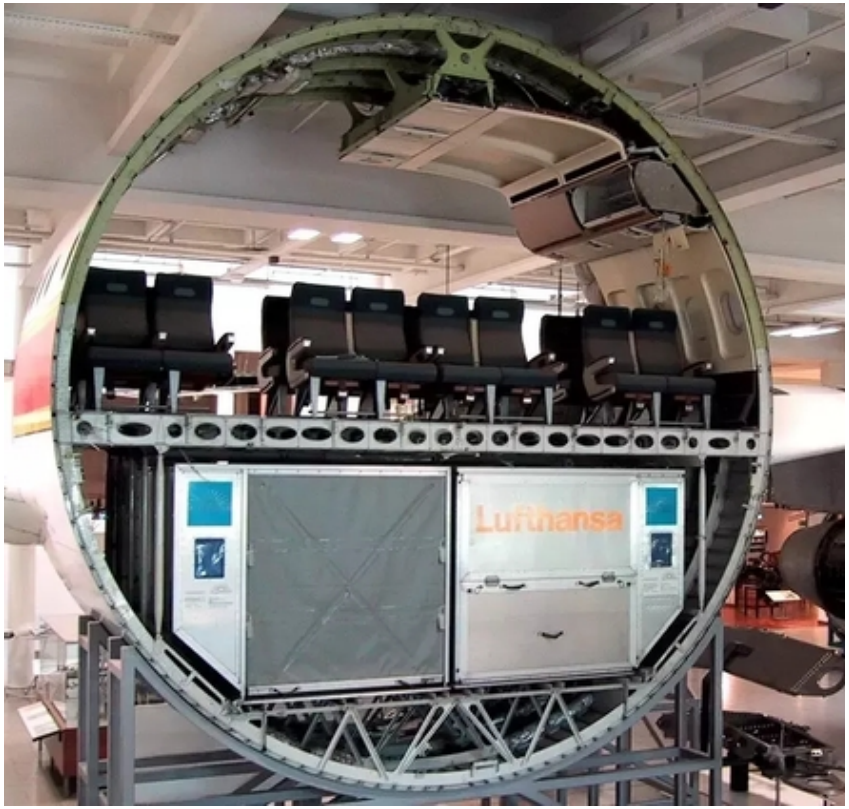


Floorplan

E190

A seção transversal depende do número de fileiras e do compartimento de bagagens

Circular



A300

Double-bubble

E190

As dimensões dos assentos variam conforme a classe em questão

Table 3.1 Seat Classification and Seat Dimensions

Note: see Figure 3.28 for definition of seat dimensions.

Symbol	Unit	Seat Classification: De Luxe	Normal	Economy
a	in.	20(18.5-21)	17(16.5-17.5)	16.5(16-17)
b	in.	47(46-48.5)	40(39-41)	39(38-40)
		for two seats per block		
b	in.	---	60(59-63)	57
		for three seats per block		
l	in.	2.75	2.25	2.0
h	in.	42(41-44)	42(41-44)	39(36-41)
k	in.	17	17.75	17.75
m	in.	7.75	8.5	8.5
n	in.	32(24-34)	32(24-34)	32(24-34)
p/p_{max}	in./in.	28/40	27/37.5	26/35.5
α/α_{max}	deg/deg	15/45	15/38	15/38

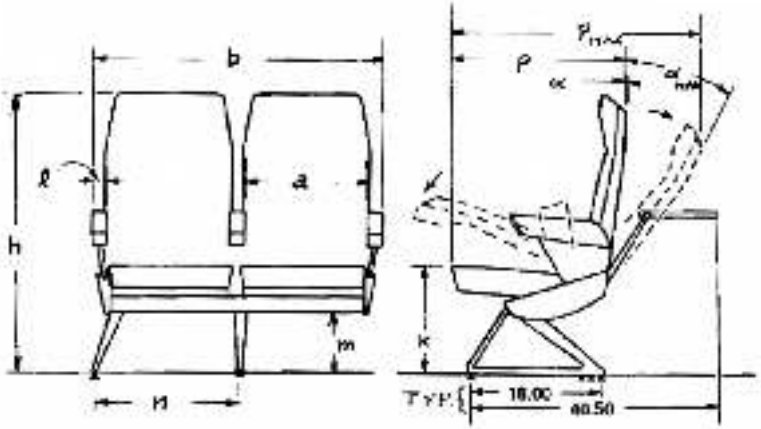
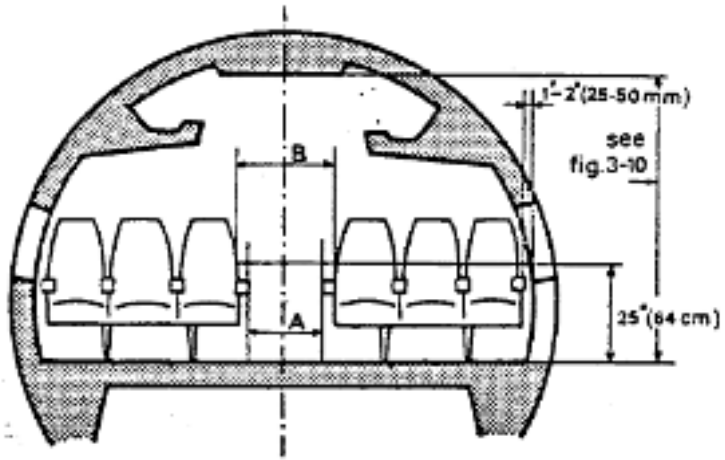


Figure 3.28 Definition of Seat Dimensions in Table 3.1

Roskam, Pt III

Os órgãos homologadores determinam larguras mínimas para corredores



NUMBER OF SEATS	A minimum	B minimum
10 OR LESS	12 in. ,305 mm	15 in. ,381 mm
11 THROUGH 19	12 in. ,305 mm	20 in. ,508 mm
20 OR MORE	15 in. ,381 mm	20 in. ,508 mm

Fig. 3-9. Minimum aisle width for passenger transports (Ref.: FAR 25.815 and BCAR D4-3 par. 5.2.6)

Torenbeek

§25.817 Maximum number of seats abreast.

On airplanes having only one passenger aisle, no more than three seats abreast may be placed on each side of the aisle in any one row.

[Amdt. 25-15, 32 FR 13265, Sept. 20, 1967]

Podemos estimar o diâmetro da fuselagem com base na largura do assento e o número de fileiras

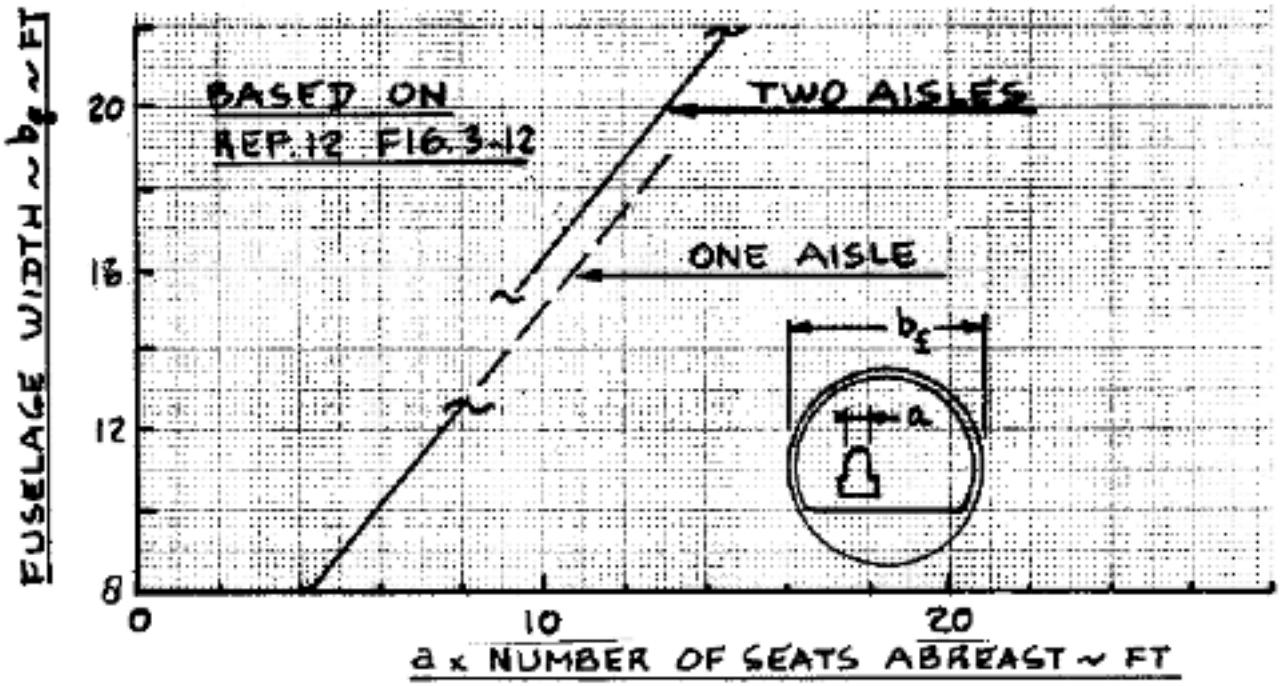


Figure 3.19 Statistical Relationship Between Fuselage Width and Total Seat Width

Roskam, Pt III

Há pallets com dimensões padronizadas que podem ser colocados no compartimento de carga

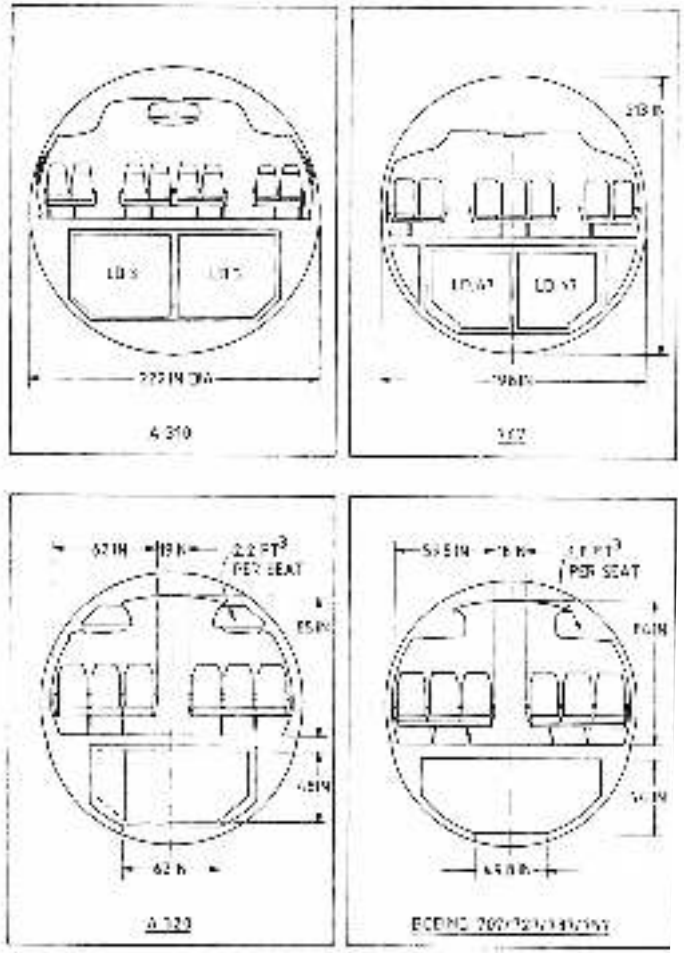


Figure 3.41b Fuselage Cross Sections for Jet Transports

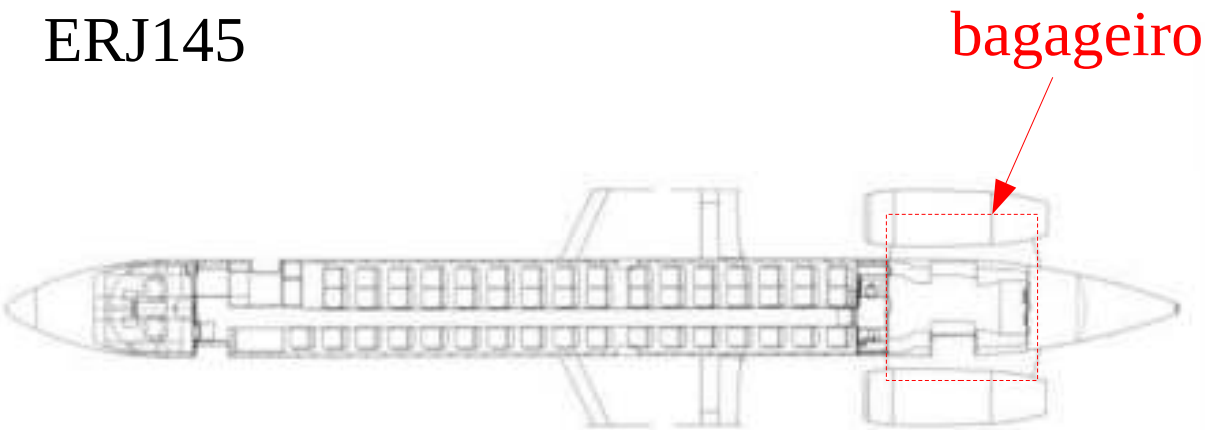
Part III Chapter 3 Page 89

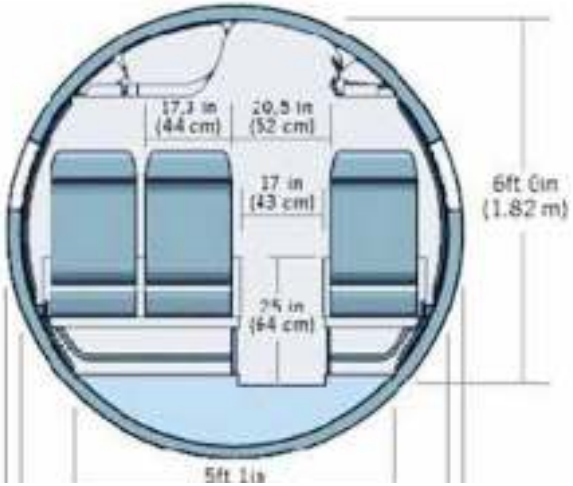
Table 5.1 Standard sizes for freight containers (source Boeing)

Designation	Width	Height	Depth	Base	Maximum load (lb)	Notes
LD-1	92.0	64.0	60.4	61.5	3500	Type A
LD-2	61.5	64.0	60.4	47.0	2700	Type A
LD-3	79.0	64.0	60.4	61.5	3500	Type A
LD-4	96.0	64.0	60.4	–	5400	Rectangular
LD-5	125.0	64.0	60.4	–	7000	Rectangular
LD-6	160.0	64.0	60.4	125.0	7000	Type B
LD-7	125.0	64.0	80.0	–	13 300	Rect/Contoured
LD-8	125.0	64.0	60.4	96.0	5400	Type B
LD-9	125.0	64.0	80.0	–	13 300	Rect/Contoured
LD-10	125.0	64.0	60.4	–	7000	Contoured
LD-11	125.0	64.0	60.4	–	7000	Rectangular
LD-29	186.0	64.0	88.0	125.0	13 300	Type B

Aeronaves menores podem não ter espaço para compartimentos de carga sob o piso

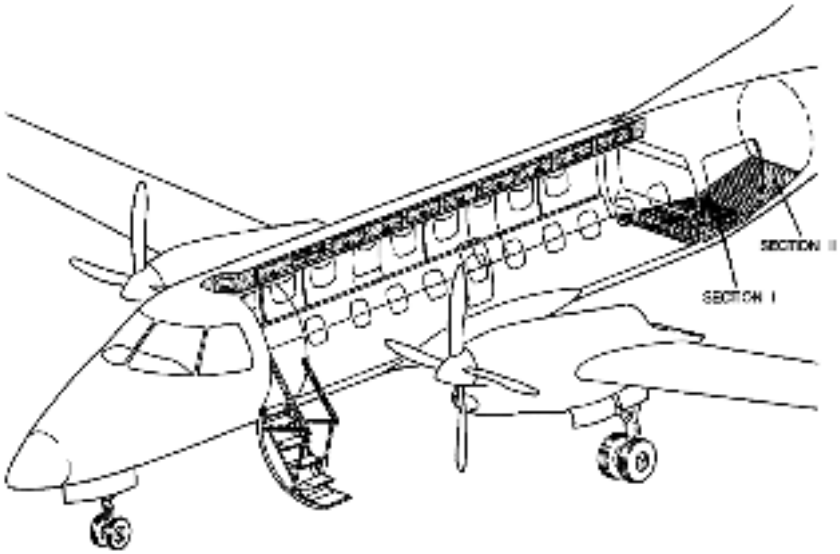
ERJ145

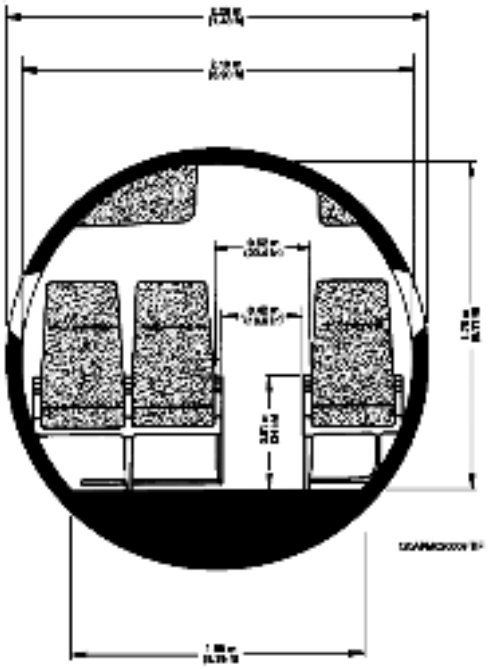


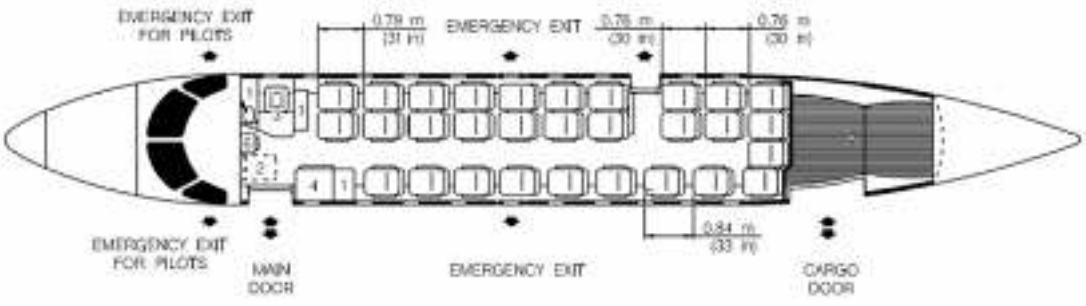


Embraer

Uma solução é dedicar parte do comprimento para compartimento de carga







EMB-120

O passo entre assentos depende da classe em questão e dos requisitos do cliente

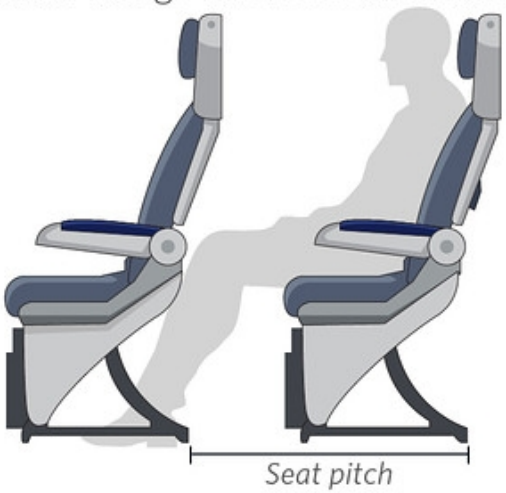
How airline legroom stacks up

The amount of space often depends on the airline

AIRLINE	SEAT WIDTH	SEAT PITCH
Virgin America	17.7″	32″-38″
jetBlue	17.8″-18.25″	32″-38″
Alaska	17″-18.25″	31″-36″
Hawaiian Airlines	16.5″-18″	31″-36″
United	17″-18.3″	31″-35″
Delta	17.2″-18.5″	31″-35″
Southwest	17″	31″-33″
American Airlines	17″-18.5″	30″-37″
Frontier	18″	28″-38″
Spirit (Less money. More go.)	20″	28″-36″

SEAT PITCH

- Seat pitch is the space between a point on one seat and the same point on the seat in front of it.
- One or two extra inches can make a huge difference in comfort.



Note: Seating sizes are averages across different types of airplanes

Source: SeatGuru

https://www.marketwatch.com/story/faa-declines-to-put-a-stop-to-the-incredible-shrinking-airline-seat-2018-07-09

The following seat pitch values reflect industry practice:

seat pitch for:	first class seating,	38 - 40 inches
	tourist/coach/econ.,	34 - 36 inches
	high density,	30 - 32 inches

Roskam

Sabendo o número de fileiras, podemos usar o passo entre assentos para estimar o comprimento da cabine

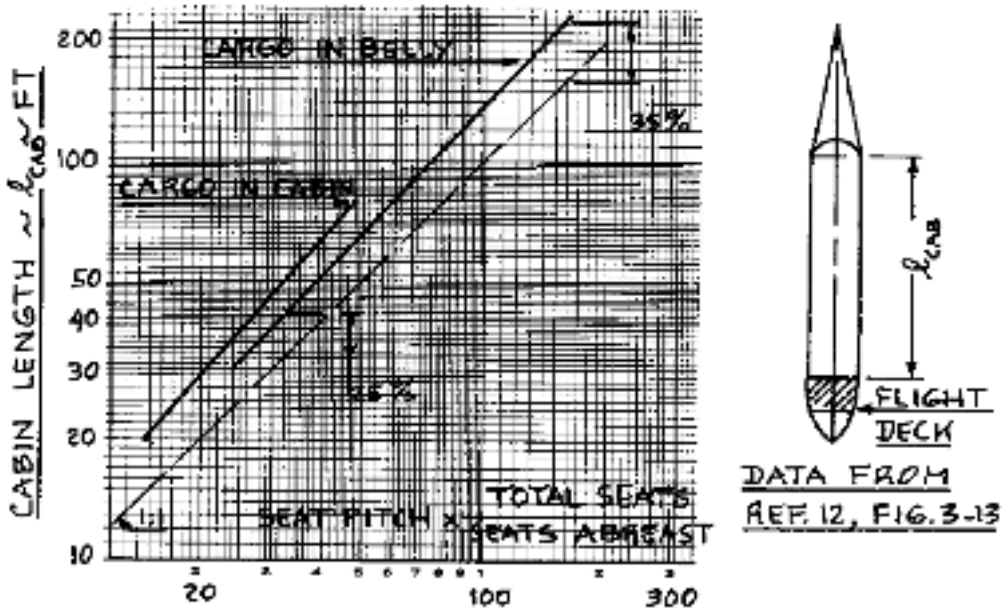


Figure 3.25 Statistical Relationship Between Cabin Length, Seat Pitch, Number of Seats and Number of Seats Abreast

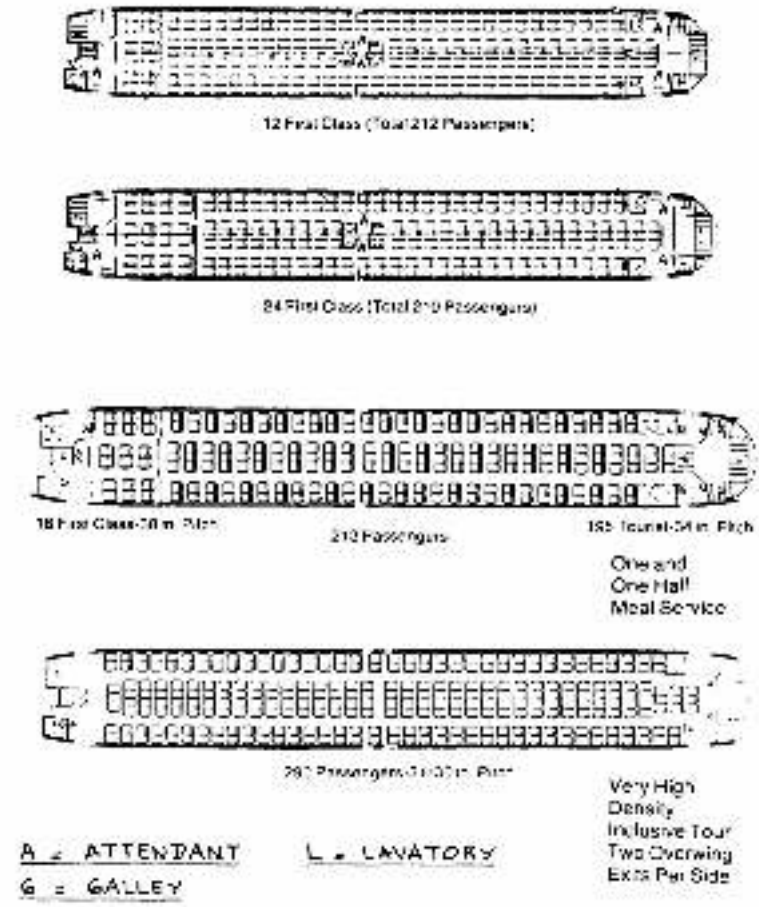


Figure 3.31 Example Seating Arrangements: Boeing 767-200

Roskam, Pt III

Monumentos também devem ser levados em conta no dimensionamento da cabine

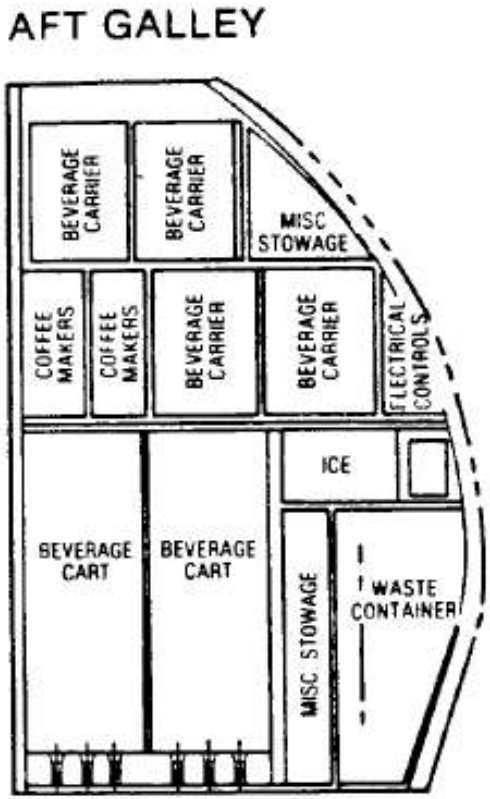
Toaletes

Lineage 1000

A320

wikipedia.org

Monumentos também devem ser levados em conta no dimensionamento da cabine



Galleys

Monumentos também devem ser levados em conta no dimensionamento da cabine

B767

Galleys

Monumentos também devem ser levados em conta no dimensionamento da cabine

Guarda-roupas

O tamanho dos monumentos também deve ser levado em consideração para determinar o comprimento da cabine

Table 3.6 Typical Dimensions of Galleys, Lavatories and Wardrobes Used in Several Airplanes

Airplane Type	N_{pax}	Range	Galleys No.	Galleys Dim.	Lavatories No.	Lavatories Dim.	Wardrobes No.	Wardrobes Dim.
Business Jets								
HFB 320	7	1,000	1	24x24	1	30x26	1	24x15
Falcon 20F	10	1,500	1	27x18	1	44x30	1	51x25
BAe HS 125	8	1,450	none		1	35x28	1	24x12
Regional Turboprops								
Nord 262	29	400	1	23x20	1	41x28	1	40x24
Gulfstr. I	19	2,100	1	34x25	1	67x37	1	36x32
Bae HS 748	44	1,000	1	37x14	1	53x35	none	
Fokker F27	48	1,100	1	43x35	1	47x46	1	31x16
DHC-7	44	800	1	26x24	1	46x30	1	26x24
Electra	95	2,300	2	46x26	4	46x41	2	46x34
Jet Transports								
VFW 614	40	700	1	35x28	1	55x32	1	65x40
Fokker F28	60	1,025	1	44x25	1	58x25	1	25x21
BAC 111	74	900	2	49x22	2	65x35	1	49x22
McDD DC9-10	80	1,100	1	48x33	2	48x48	2	48x21
B 737-200	115	1,800	1	55x43	2	43x34	1	55x43
Caravelle	118	1,000	1	51x43	2	55x43	2	24x17
D Mercure	140	800	none		2	47x34	2	49x16
B 727-200	163	1,150	2	51x32	3	43x39	Overhead	
A 300 B4	295	1,600	3	?	5	59x35	Overhead	
L 1011	330	2,700	1	240x162*	7	45x36	Overhead	
McDD DC10	380	3,000	1	240x162*	9	40x40	2	76x22
B 747	490	5,000	4	79x25	12	40x40	2	71x28

*under floor galley

All dimensions in inches. Data based on Ref.12, page 80.

Roskam, Pt III

O tamanho dos monumentos também deve ser levado em consideração para determinar o comprimento da cabine

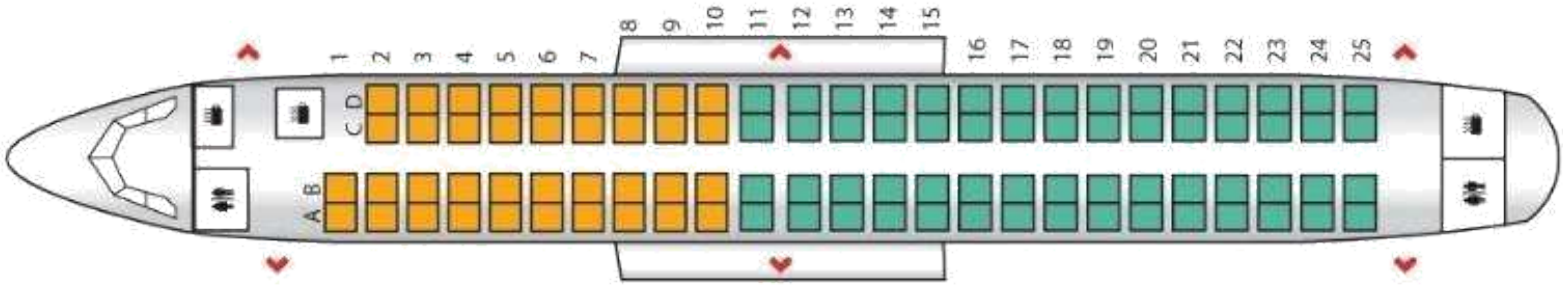
Passenger Services

Interior	Lavatory Ratio – Pass/Lav		Galley Volume – ft^3/Pass (m^3/Pass)		Coat Rod – in./Pass (cm/Pass)	Attendants
	F/C	T/C	F/C	T/C		
208 Mixed Class	18	48	7.72 (0.20)	2.10 (0.06)	0.16 (0.41)	6
211 Mixed Class	18	48	5.11 (0.14)	1.61 (0.05)	0.33 (0.84)	6
213 Mixed Class	18	49	5.11 (0.14)	2.04 (0.06)	0.33 (0.84)	6
216 Mixed Class	18	50	5.11 (0.14)	1.57 (0.04)	0.32 (0.81)	6
230 All Tourist		46		1.47 (0.04)		6
241 All Tourist		60		1.67 (0.05)		6
255 (7) All Tourist		64		1.85 (0.03)		6
255 (8) All Tourist		51		1.85 (0.03)	0.49 (1.24)	6
289(8) All Tourist		58		1.39 (0.03)		6

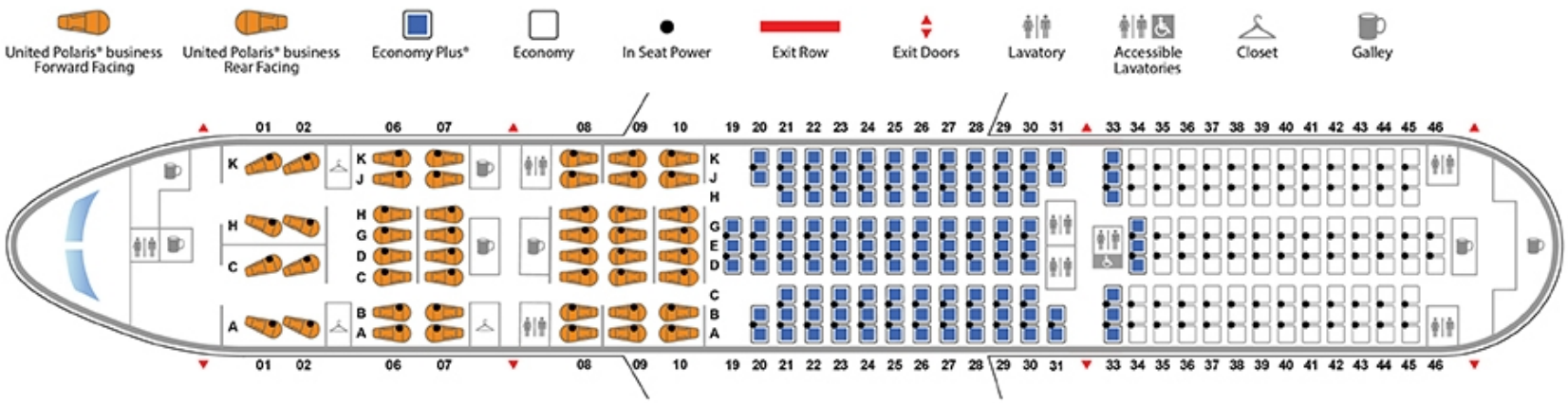
B767-200

Roskam, Pt III

Localização dos monumentos



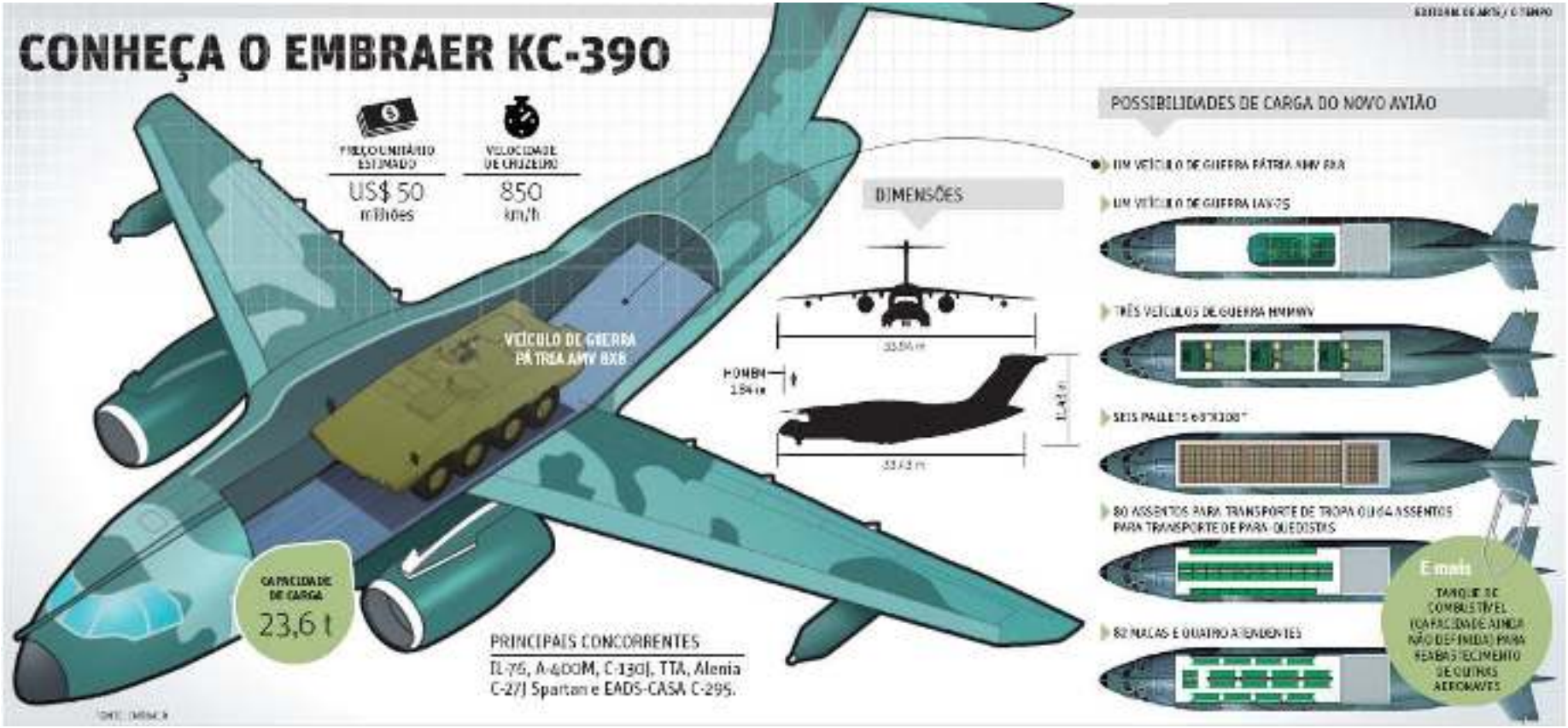
E190



https://www.united.com/web/es/content/travel/inflight/aircraft/777/200/default.aspx

B777

Determinados tipos de carga exigem levam a condições especiais de dimensionamento



Saídas de emergência devem satisfazer o FAR 25.807

§25.807 Emergency exits.

(a) *Type*. For the purpose of this part, the types of exits are defined as follows:

(1) *Type I*. This type is a floor-level exit with a rectangular opening of not less than 24 inches wide by 48 inches high, with corner radii not greater than eight inches.

(2) *Type II*. This type is a rectangular opening of not less than 20 inches wide by 44 inches high, with corner radii not greater than seven inches. Type II exits must be floor-level exits unless located over the wing, in which case they must not have a step-up inside the airplane of more than 10 inches nor a step-down outside the airplane of more than 17 inches.

(3) *Type III*. This type is a rectangular opening of not less than 20 inches wide by 36 inches high with corner radii not greater than seven inches, and with a step-up inside the airplane of not more than 20 inches. If the exit is located over the wing, the step-down outside the airplane may not exceed 27 inches.

(4) *Type IV*. This type is a rectangular opening of not less than 19 inches wide by 26 inches high, with corner radii not greater than 6.3 inches, located over the wing, with a step-up inside the airplane of not more than 29 inches and a step-down outside the airplane of not more than 36 inches.

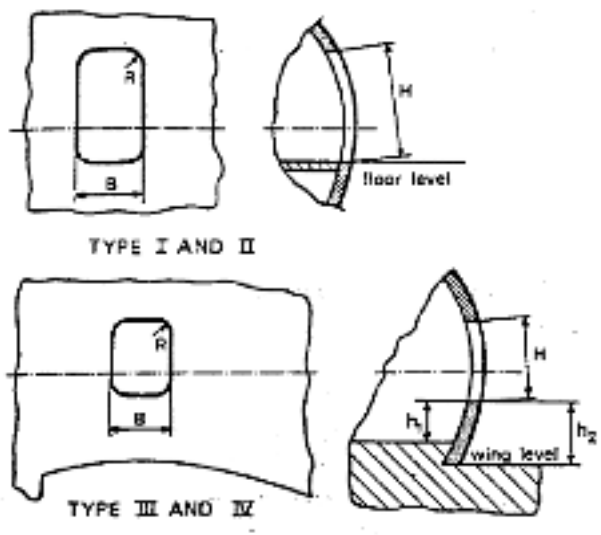


Fig. 3-16.Classification of emergency exits

EMERGENCY EXIT CLASSIFICATION AND LOCATION		B (min) inches (mm)	H (min) inches (mm)	R (max) inches (mm)	MAX. HEIGHT OF STEP inside (h_1) inches (mm)	MAX. HEIGHT OF STEP outside (h_2) inches (mm)
I	FLOOR LEVEL	24 (610)	48 (1219)	$\frac{1}{3}$ B	-	-
II	FLOOR LEVEL	20 (508)	44 (1118)	$\frac{1}{3}$ B	-	-
	ABOVE WING				10 (254)	17 (432)
III	ABOVE WING	20 (508)	36 (915)	$\frac{1}{3}$ B	20 (508)	27 (686)
IV	ABOVE WING	19 (483)	26 (661)	$\frac{1}{3}$ B	29 (737)	36 (914)

Torenbeek

Saídas de emergência devem satisfazer o FAR 25.807

(5) *Ventral*. This type is an exit from the passenger compartment through the pressure shell and the bottom fuselage skin. The dimensions and physical configuration of this type of exit must allow at least the same rate of egress as a Type I exit with the airplane in the normal ground attitude, with landing gear extended.

(6) *Tailcone*. This type is an aft exit from the passenger compartment through the pressure shell and through an openable cone of the fuselage aft of the pressure shell. The means of opening the tailcone must be simple and obvious and must employ a single operation.

(7) *Type A*. This type is a floor-level exit with a rectangular opening of not less than 42 inches wide by 72 inches high, with corner radii not greater than seven inches.

(8) *Type B*. This type is a floor-level exit with a rectangular opening of not less than 32 inches wide by 72 inches high, with corner radii not greater than six inches.

(9) *Type C*. This type is a floor-level exit with a rectangular opening of not less than 30 inches wide by 48 inches high, with corner radii not greater than 10 inches.

https://www.flickr.com/photos/infinity-and-beyond/24752728716

wikipedia.org

B727

Saídas de emergência devem satisfazer o FAR 25.807

(g) *Type and number required.* The maximum number of passenger seats permitted depends on the type and number of exits installed in each side of the fuselage. Except as further restricted in paragraphs (g)(1) through (g)(9) of this section, the maximum number of passenger seats permitted for each exit of a specific type installed in each side of the fuselage is as follows:

Type A	110
Type B	75
Type C	55
Type I	45
Type II	40
Type III	35
Type IV	9

(1) For a passenger seating configuration of 1 to 9 seats, there must be at least one Type IV or larger overwing exit in each side of the fuselage or, if overwing exits are not provided, at least one exit in each side that meets the minimum dimensions of a Type III exit.

(2) For a passenger seating configuration of more than 9 seats, each exit must be a Type III or larger exit.

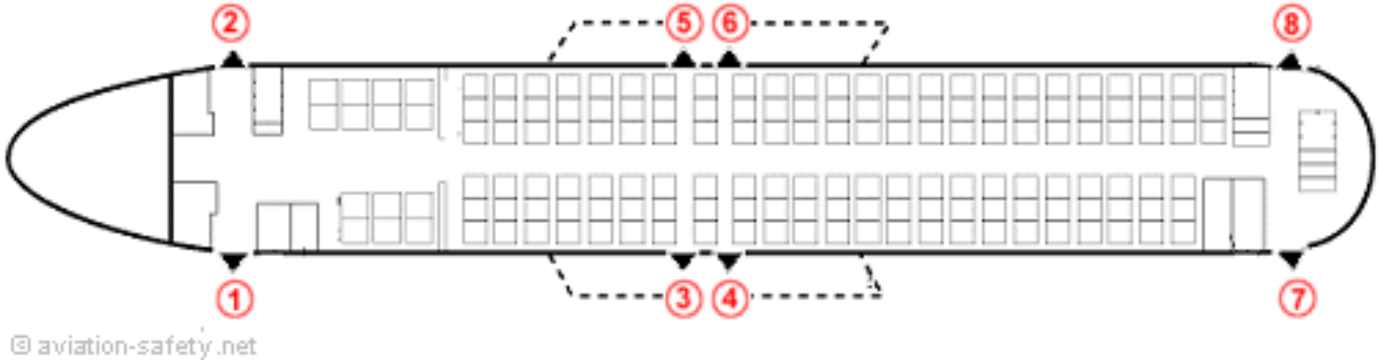
(3) For a passenger seating configuration of 10 to 19 seats, there must be at least one Type III or larger exit in each side of the fuselage.

(4) For a passenger seating configuration of 20 to 40 seats, there must be at least two exits, one of which must be a Type II or larger exit, in each side of the fuselage.

(5) For a passenger seating configuration of 41 to 110 seats, there must be at least two exits, one of which must be a Type I or larger exit, in each side of the fuselage.

(6) For a passenger seating configuration of more than 110 seats, the emergency exits in each side of the fuselage must include at least two Type I or larger exits.

Portas de passageiros ficam do lado esquerdo enquanto portas de serviço ficam do lado direito



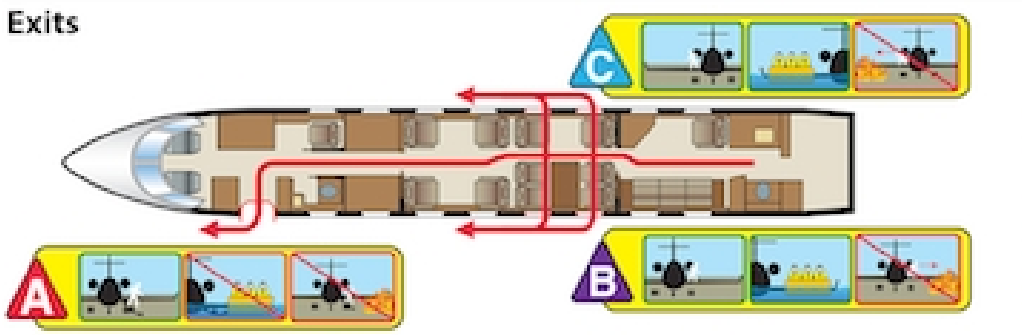
B737-800

① Type I pax. door 1.83m x 0.86m
② Type I service door 1.65m x 0.76m
③ Type III overwing exit 0.96m x 0.51m
④ Type III overwing exit 0.96m x 0.51m
⑤ Type III overwing exit 0.96m x 0.51m
⑥ Type III overwing exit 0.96m x 0.51m
⑦ Type I pax. door 1.83m x 0.86m
⑧ Type I service door 1.65m x 0.76m

A380

Saídas de emergência de aeronave executiva

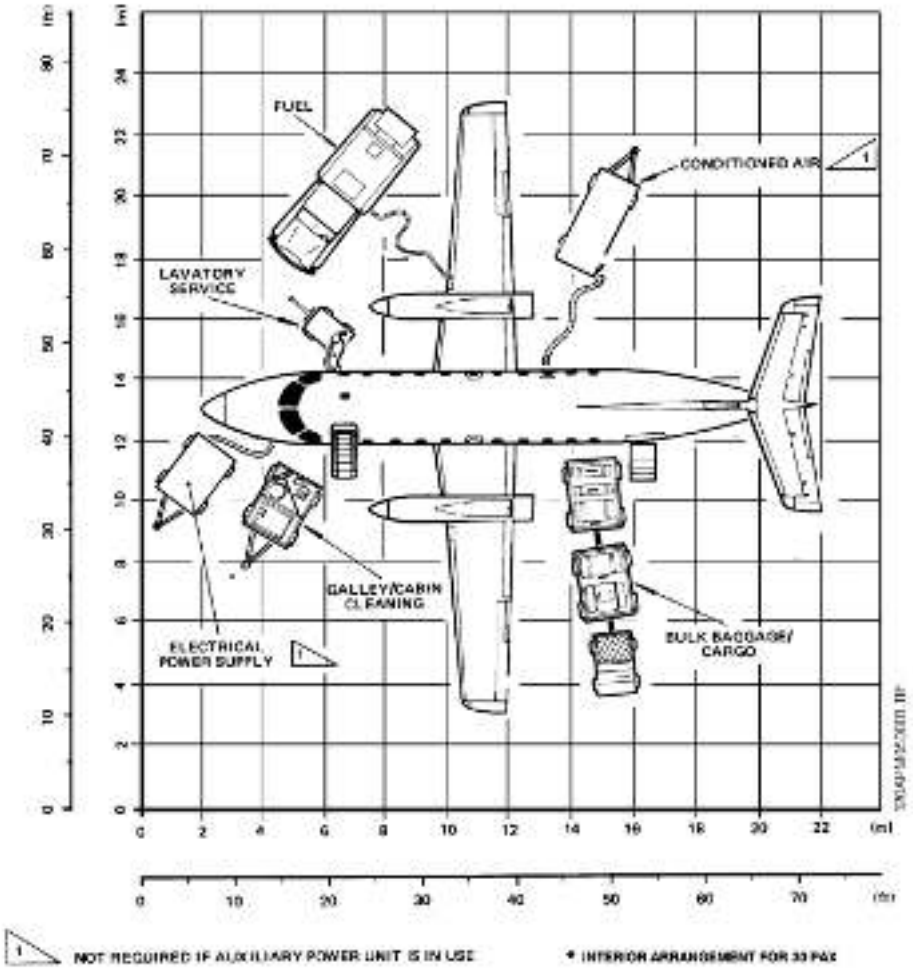
gulfstream.com



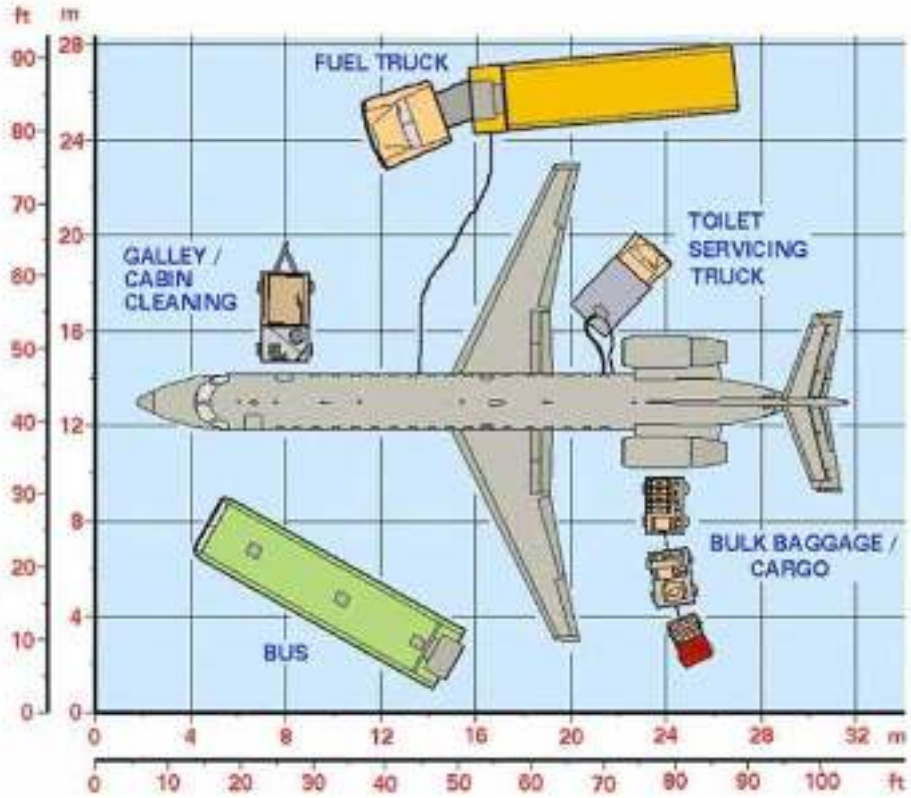
Gulfstream 650

https://www.airsafetyart.com/project/gulfstream-g650-safety-briefing-card/

Deve-se atentar para o acesso dos serviços de solo e dos passageiros



EMB-120

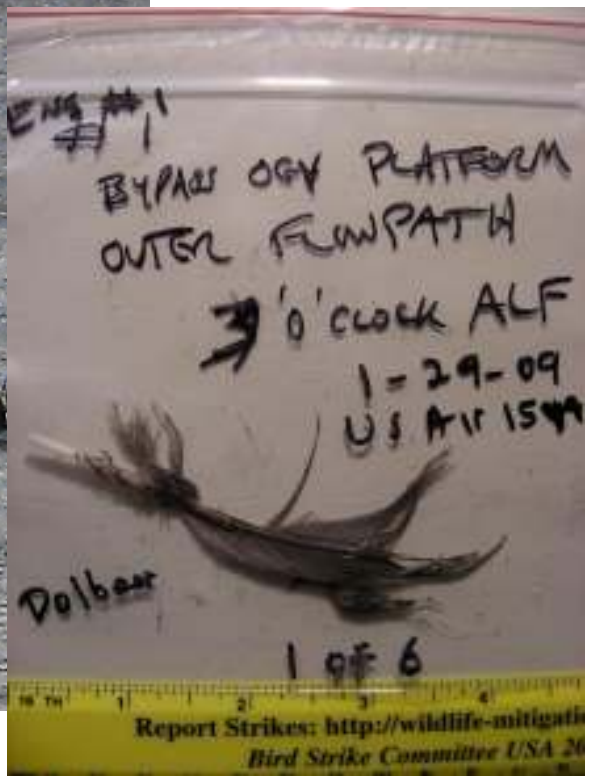


ERJ-145

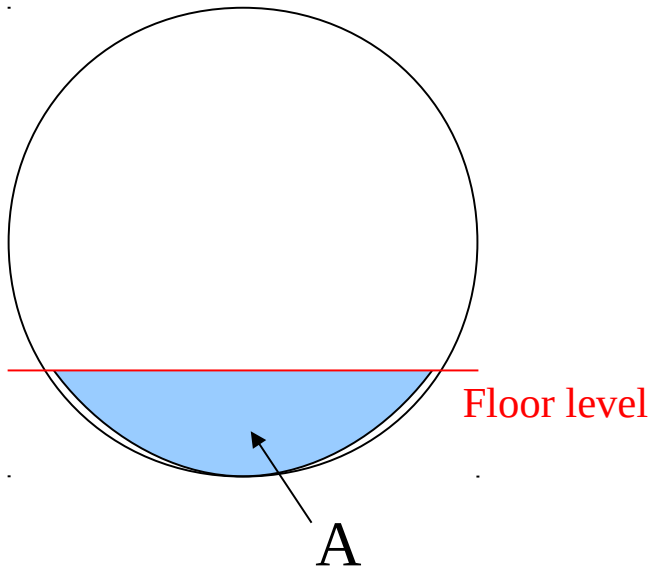
EMB-120 Airport Planning Manual

A linha d’agua também é um ponto importante para o posicionamento da altura do piso e das saídas de emergência na fuselagem

Hudson River, New York - Jan 15, 2009



O empuxo gerado até a altura do piso deve suportar o peso da aeronave



Acceleration of gravity

$$W = E = A \cdot L_f \cdot g \cdot \rho_{\text{water}}$$

O número de portas deve balancear diversos requisitos e demandas

- Mais portas acabam:
  - Agilizando a entrada de passageiros e cargas
  - Facilitando a evacuação da aeronave
  - Aumentando o peso estrutural por conta de reforços
  - Permitindo perdas de pressurização por conta de vazamentos nas frestas
  - Aumentando o arrasto também devido ao maior número de frestas

Dados históricos para determinação dos demais segmentos da fuselagem

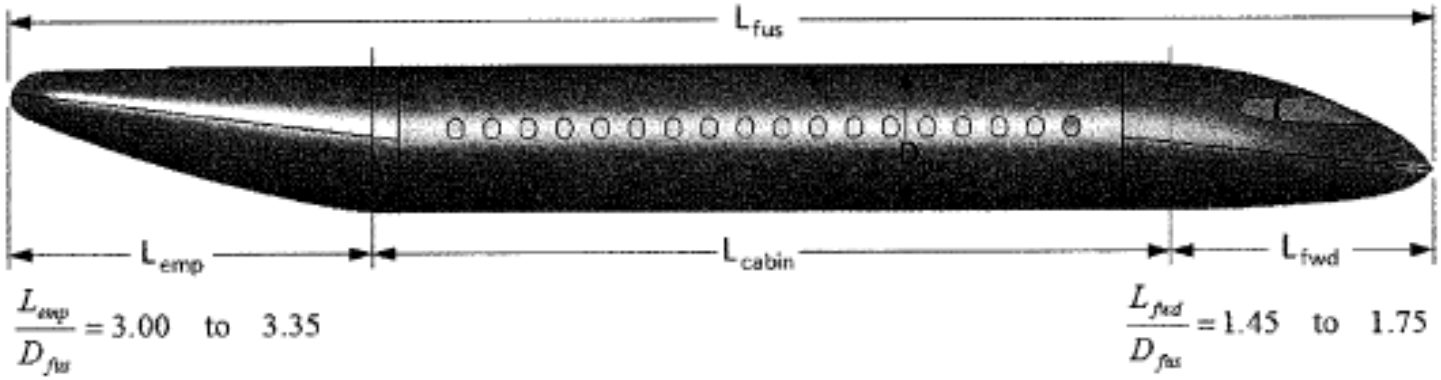


FIGURE 12-2 A schematic of a pressure tube fuselage, showing typical lengths of the forward and aft sections in terms of the fuselage diameter.

Gudmundsson

Dimensionamento do cockpit deve levar em conta o campo de visão do piloto e posicionamento de sistemas

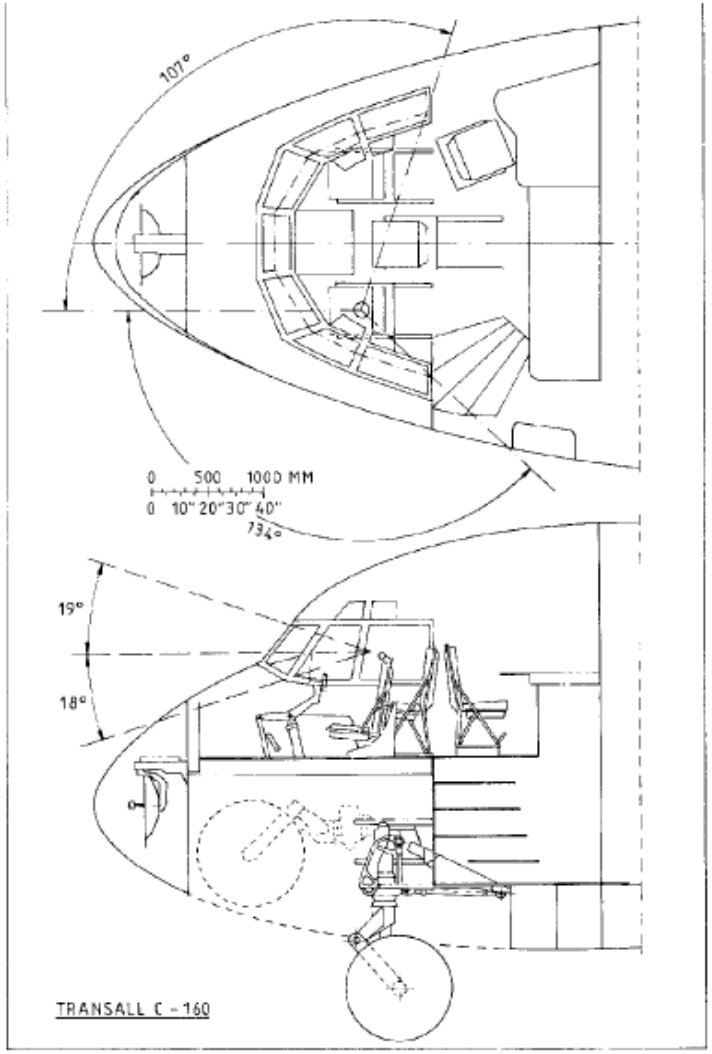


Figure 2.21 Cockpit Layout: Transall C-160

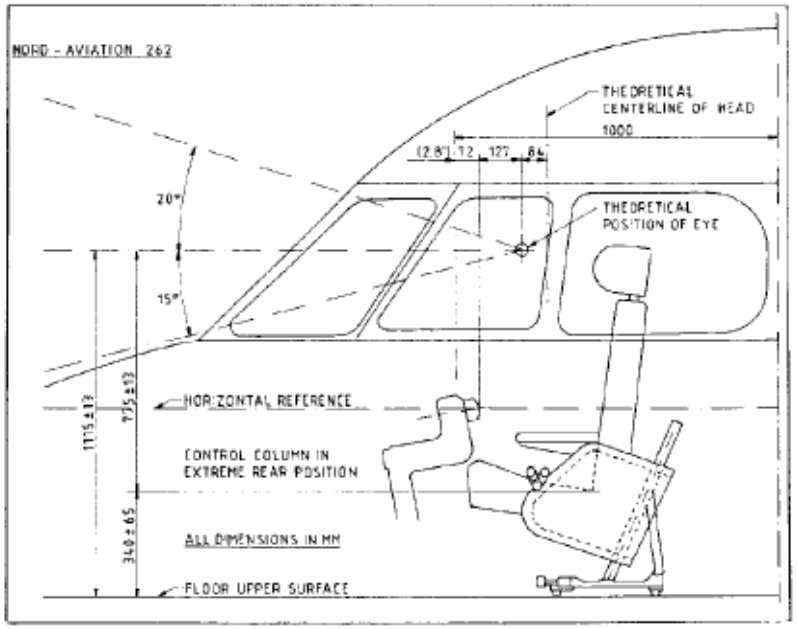


Figure 2.20 Cockpit Layout: Nord 262

Roskam

A razão entre comprimento e diâmetro é relevante para o arrasto aerodinâmico da fuselagem

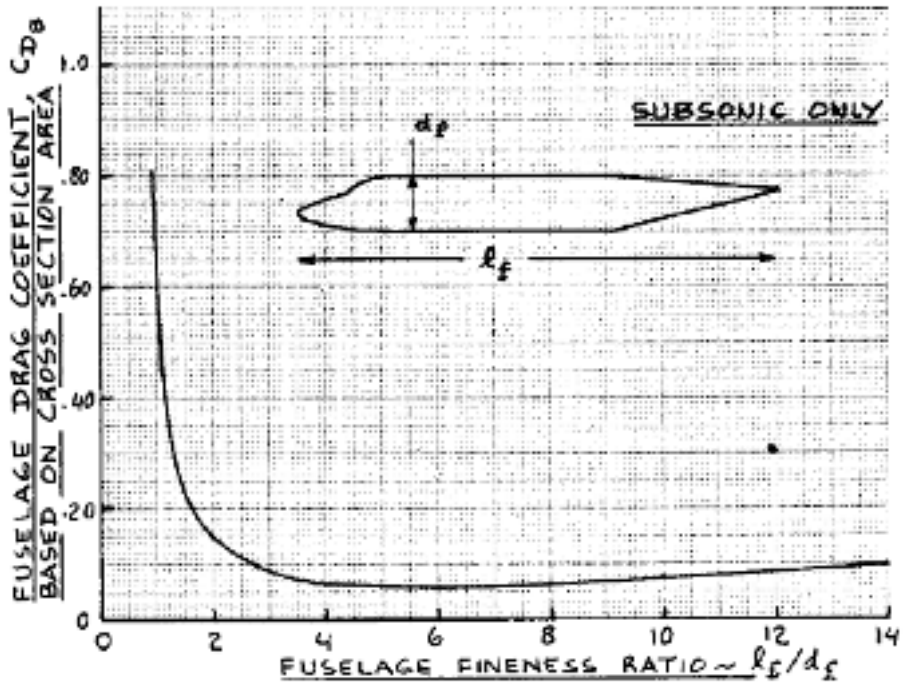


Figure 3.1 Effect of Fineness Ratio on Fuselage Drag

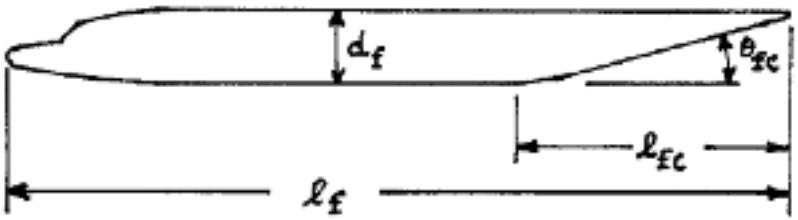


Figure 4.1 Definition of Geometric Fuselage Parameters

Table 4.1 Currently Used Geometric Fuselage Parameters

Airplane Type	l_f/d_f	l_{fc}/d_f	θ_{fc} (deg)
Homebuilts	4 - 8	3*	2 - 9
Single Engine	5 - 8	3 - 4	3 - 9
Twins	3.6** - 8	2.6 - 4	6 - 13
Agricultural	5 - 8	3 - 4	1 - 7
Business Jets	7 - 9.5	2.5 - 5	6 - 11
Regionals	5.6 - 10	2 - 4	15 - 19***
Jet Transports	6.8 - 11.5	2.6 - 4	11 - 16
Mil. Trainers	5.4 - 7.5	3*	up to 14
Fighters	7 - 11	3 - 5*	0 - 8
Mil. Transports, Bombers and Patrol Airplanes	6 - 13	2.5 - 6	7 - 25****
Flying Boats	6 - 11	3 - 6	8 - 14
Supersonics	12 - 25	6 - 8	2 - 9

*Tailcone as defined by Figure 4.1 not easily defined
**Cessna 336 (Fig.3.9c) ***Embraer Brasilia (Fig.3.16d)
****Lockheed Hercules (Fig.3.29d)

Roskam

Tarefa 2

- Utilizar a planilha PrestoCabin para fazer o layout da aeronave do curso
  - Enviar planilha com cross-section e floorplan escolhidos
  - Determinar comprimento e diâmetro da fuselagem
- Implementar e testar o módulo de geometria no designTools.py
  - Basear-se nos dados históricos da tarefa anterior para plotar uma aeronave
  - Enviar a vista isométrica gerada pelo plot e também o código para gerar a figura
- Envios devem ser feitos para o e-mail ney@ita.br até o dia 16/08/2021, 23h59.
- Quiz até 16/08/2021, 23h59: https://forms.gle/sY7DzKmG6GxYCcaK9